

## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

#### Contribution au développement d'une démarche de conception de système d'informatique distribuée

Beaume, Joël; Ernst de la Graete, Stéphan

*Award date:*  
1984

*Awarding institution:*  
Université de Namur

[Link to publication](#)

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX A NAMUR

INSTITUT D'INFORMATIQUE

CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT  
D'UNE DEMARCHE DE CONCEPTION DE  
SYSTEME D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Ph. VAN BASTELAER

MEMOIRE PRESENTE PAR : Joel BEAUME  
Stéphan ERNST de la GRAETE

Mémoire présenté en vue de  
l'obtention du grade de

LICENCIE ET MAITRE EN

INFORMATIQUE

Année Académique 1983-1984

Nous tenons à remercier la Fabrique Nationale de Herstal de nous avoir accueillis en stage. Nous remercions Monsieur F. BAUDOUX et tout particulièrement Mademoiselle M.-M. RESPEN qui nous a suivi tout au long de ce stage.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur VAN BASTELAER qui a assuré la direction de ce mémoire, et qui nous a prodigué de précieux conseils pour la rédaction de celui-ci.

Un des auteurs, Stéphan Ernst de la Graete, remercie sa femme de la patience qu'elle lui a témoigné tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que des remarques qu'elle a formulées lors de la lecture de celui-ci.

TABLE DES MATIERES



## INTRODUCTION

### PREMIERE PARTIE : Description générale des systèmes d'informatique distribuée

#### CHAPITRE 1 : EVOLUTION

- 1.1. Etape 1 : la connexion directe des terminaux à l'ordinateur central
- 1.2. Etape 2 : le partage des lignes de transmission
  - 1.2.1. L'utilisation du réseau téléphonique
  - 1.2.2. L'utilisation des lignes multipoints
  - 1.2.3. L'utilisation des multiplexeurs
  - 1.2.4. L'utilisation des concentrateurs
- 1.3. Etape 3 : le développement des concentrateurs
- 1.4. Etape 4 : l'apparition des processeurs frontaux
- 1.5. Etape 5 : l'apparition des réseaux généraux d'ordinateurs

#### CHAPITRE 2 : DEFINITIONS

- 2.1. Système informatique centralisé
- 2.2. Système informatique décentralisé
- 2.3. Système d'informatique distribuée ou répartie
- 2.4. Réseau

## CHAPITRE 3 : EXEMPLES

### 3.1. Exemples de systèmes d'informatique distribuée

3.1.1. Système informatique de la banque Bruxelles-Lambert

3.1.2. Système local d'informatique distribuée

### 3.2. Exemples de réseaux

3.2.1. Système de communication : Réseau public DCS

3.2.2. Réseau privé de communication : SOPHO-NET

## CHAPITRE 4 : STRUCTURE DES SYSTEMES D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE

### 4.1. Introduction

### 4.2. Distribution des traitements

4.2.1. Distribution horizontale des traitements

4.2.2. Distribution hiérarchique des traitements

4.2.3. Distribution mixte des traitements

4.2.4. Quelques principes pour la distribution des traitements

### 4.3. Distribution du stockage

4.3.1. Bases de données partitionnées

4.3.2. Bases de données répétées

### 4.4. Distribution de la transmission

4.4.1. Types des réseaux de transmission

4.4.2. Structures des réseaux de transmission



CHAPITRE 5 : ARGUMENTS EN FAVEUR DES SYSTEMES D'INFORMATIQUE  
DISTRIBUEE ET EN FAVEUR DES SYSTEMES INFORMATI-  
QUES CENTRAUX

5.1. Arguments de coûts

- 5.1.1. Coûts des processeurs
- 5.1.2. Coûts de stockage
- 5.1.3. Coûts de télécommunication
- 5.1.4. Coûts d'installation
- 5.1.5. Coûts de maintenance
- 5.1.6. Coûts de personnel

5.2. Arguments techniques

- 5.2.1. Disponibilité
- 5.2.2. Temps de réponse
- 5.2.3. Données
- 5.2.4. Sécurité
- 5.2.5. Volume de travail
- 5.2.6. Logiciel de base
- 5.2.7. Logiciel d'application
- 5.2.8. Complexité de la structure du système informati-  
que

5.3. Arguments attachés à la structure de l'organisation

5.4. Arguments politiques

- 5.4.1. Autorité
- 5.4.2. Coût

DEUXIEME PARTIE : DEMARCHE METHODOLOGIQUE GENERALE DE CONCEP-  
TION DE S.I.D.

CHAPITRE 6 : PROBLEMATIQUE

CHAPITRE 7 : LOCALISATION DE LA DEMARCHE DANS LE CYCLE DE VIE  
D'UN PROJET INFORMATIQUE

## CHAPITRE 8 : CAS PRATIQUE : INTERCONSULTATION DES STOCKS DU GROUPE BROWNING

### 8.1. Présentation de l'environnement du projet

#### 8.1.1. Présentation de la Fabrique Nationale (F.N.) et du groupe Browning

8.1.1.1. F.N. en général - structure de la F.N.

8.1.1.2. Le groupe Browning - structure du groupe

8.1.1.3. Situation actuelle de la gestion du groupe Browning

8.1.1.4. Situation actuelle du matériel

8.1.1.5. Situation actuelle des communications

### 8.2. Présentation du projet

8.2.1. Enoncé

8.2.2. Localisation du problème

8.2.3. Fonctions assurées par le système

### 8.3. Démarche méthodologique suivie

8.3.1. Etude d'opportunité

8.3.2. Pré-étude

8.3.3. Etude de faisabilité

8.3.4. Etude critique de l'existant

8.3.5. Acquisistion des volumes d'information

8.3.6. Solutions possibles

8.3.7. Choix d'une solution

8.3.8. Analyse conceptuelle

8.3.9. Rédaction de l'appel d'offres

### 8.4. Conclusion et critiques de la démarche suivie



## CHAPITRE 9 : DEMARCHE METHODOLOGIQUE GENERALE

### 9.1. Identification du projet cadre

### 9.2. Définition du projet cadre

#### 9.2.1. Spécification des objectifs de l'organisation

#### 9.2.2. Spécification des objectifs informationnels

#### 9.2.3. Spécification des activités concernées

#### 9.2.4. Spécification des critères d'efficacité

##### 9.2.4.1. Critères d'efficacité organisationnelle

##### 9.2.4.2. Critères d'efficacité informationnelle

##### 9.2.4.3. Critères d'efficacité économique

##### 9.2.4.4. Critères d'efficacité de réalisation

### 9.3. Etude critique de l'existant

#### 9.3.1. Analyse de l'existant

##### 9.3.1.1. Définition d'un diagramme de flux d'informations

##### 9.3.1.2. Etablissement d'un diagramme de flux

##### 9.3.1.3. Utilisation d'un diagramme de flux lorsqu'un SID est possible

#### 9.3.2. Critique de l'existant

##### 9.3.2.1. La critique fonctionnelle

##### 9.3.2.2. La critique structurelle

#### 9.3.3. Utilisation de IDA

### 9.4. Elaboration des solutions possibles

### 9.5. Choix d'une solution

## 9.6. Analyse informationnelle

### 9.6.1. Introduction

### 9.6.2. Découpage fonctionnel

- 9.6.2.1. Description fonctionnelle
- 9.6.2.2. Informations en entrée
- 9.6.2.3. Format des informations en entrée
- 9.6.2.4. Informations en sortie
- 9.6.2.5. Format des informations en sortie
- 9.6.2.6. Transformations à appliquer
- 9.6.2.7. Volumes
- 9.6.2.8. Localisation spatiale
- 9.6.2.9. Localisation temporelle
- 9.6.2.10. Enchaînement
- 9.6.2.11. Concurrence
- 9.6.2.12. Durée
- 9.6.2.13. Interactions
- 9.6.2.14. Parallélisme
- 9.6.2.15. Synchronisation
- 9.6.2.16. Temps de réponse
- 9.6.2.17. Distribution des informations d'entrée
- 9.6.2.18. Contraintes organisationnelles diverses

### 9.6.3. Critiques de cette approche

## 9.7. Rédaction de l'appel d'offre

## 9.8. Réception, évaluation des offres et choix d'un fournisseur

## 9.9. Analyse conceptuelle

## 9.10. Recherche de la structure du SID

### 9.10.1. Eléments à prendre en considération

#### 9.10.1.1. Les données de base



- 9.10.1.1.1. Les éléments relatifs aux traitements
- 9.10.1.1.2. Les éléments relatifs aux fichiers
- 9.10.1.1.3. Les données relatives au réseau de communication
- 9.10.1.1.4. Les éléments relatifs aux volumes d'information
- 9.10.1.1.5. Les éléments de coûts

#### 9.10.1.2. Les contraintes

- 9.10.1.2.1. Contraintes relatives aux fichiers
- 9.10.1.2.2. Contraintes de temps de réponse
- 9.10.1.2.3. Contraintes relatives aux traitements
- 9.10.1.2.4. Contraintes relatives aux noeuds
- 9.10.1.2.5. Contraintes relatives aux lignes de communication

#### 9.10.2. Résultats à attendre d'un outil idéal

#### 9.10.3. Présentation de travaux existants

- 9.10.3.1. Outil d'optimisation de systèmes d'information distribuée - CHEN et AKOKA
- 9.10.3.2. Outil d'optimisation d'allocation de programmes et de fichiers dans un réseau d'ordinateurs - MORGAN et LEVIN
- 9.10.3.3. Outil d'allocation optimale de fichiers dans un réseau d'ordinateurs - CERI , MARTELLA et PELAGATTI
- 9.10.3.4. Critique des outils

#### 9.10.4. Outil d'optimisation d'emplacement de fichiers et d'allocation des capacités de ligne - DETALLE et PICHOT

- 9.10.4.1. Les données et les contraintes
- 9.10.4.2. Résultats
- 9.10.4.3. Application au cas pratique

#### 9.10.5. Introduction d'un outil de recherche de structure de SID dans IDA. Approche intuitive

- 9.10.5.1. Adaptation de IDA

- 9.10.5.1.1. Les fichiers
- 9.10.5.1.2. Les programmes
- 9.10.5.1.3. Les moyens de communication
- 9.10.5.1.4. Eléments supplémentaires

#### 9.11. Critique de la démarche

### CONCLUSION

#### ANNEXES : DOCUMENTS RELATIFS AU PROJET DU GROUPE BROWNING

- A.1. Etude d'opportunité
- A.2. Pré-étude
- A.3. Etude de l'existant
- A.4. Volumes d'information
- A.5. Diagramme de la solution choisie
- A.6. Analyse conceptuelle
- A.7. Appel d'offres
- A.8. Tarification des lignes de communication



## INTRODUCTION

Les systèmes d'informatique distribuée (SID) ont connu ces dernières années un essor considérable. La conception de tels systèmes pose des problèmes nouveaux liés à la communication, à la répartition des traitements et à la répartition des données qui rendent la tâche du concepteur malaisée.

Le but du présent mémoire est de proposer au concepteur une ligne de conduite théorique qui lui viendra en aide. Celle-ci a été éclairée par une expérience pratique qui a eu pour cadre le Groupe Browning, division de la Fabrique Nationale à Herstal.

Avant d'aborder les problèmes de conception des systèmes d'informatique distribuée qui constitueront une seconde partie de ce mémoire, nous tenterons, dans une première partie, de familiariser le lecteur avec la notion de SID.

C'est ainsi que nous présenterons dans un premier chapitre l'évolution des systèmes informatiques vers les SID. Nous préciserons ensuite les notions qui seront fondamentales pour la suite de cet ouvrage. Ceci fera l'objet du deuxième chapitre.

Nous exposerons dans un troisième chapitre quatre exemples de SID et de réseaux. Ceci nous permettra de découvrir la grande diversité des SID ce qui nous amènera à préciser leur structure en étudiant la façon dont peuvent être distribués les données, les traitements et les moyens de communication qui constituent les trois éléments de base de tout SID. Ceci constitue le but du chapitre 4.

En ayant une vue plus précise de ce que sont les SID, nous tenterons de voir dans un chapitre 5 quels arguments pousseraient le concepteur à choisir un système distribué mais également ceux qui, au contraire, viseraient plus à garder un système centralisé.

Nous aborderons ensuite la seconde partie du mémoire où le chapitre 6 tentera de faire apparaître les problèmes posés par la conception d'un SID justifiant ainsi la nécessité de repères auxquels peut se référer le concepteur.



L'objectif du septième chapitre sera de localiser la démarche de conception de SID dans le cadre du cycle de vie d'un projet informatique.

Nous exposerons alors le cas pratique auquel nous avons participé et qui a été réalisé à la Division Browning. Le chapitre 8 présentera la Fabrique Nationale, la Division Browning, le projet à développer ainsi que de la démarche de conception que nous avons suivie.

Sur base de cette première expérience, nous proposerons alors une démarche de conception de SID théorique qui essaiera de pallier aux inconvénients relevés dans celle que nous avons adoptée à la Division Browning. Cette démarche fera l'objet du chapitre 9.

Le lecteur trouvera en annexe les documents relatifs au travail réalisé dans le cadre du projet du Groupe Browning. En raison de la taille de ces documents, un exemplaire unique a été déposé chez Monsieur P. VAN BASTELAER.

P R E M I E R E   P A R T I E

DESCRIPTION GENERALE DES SYSTEMES  
D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE



## CHAPITRE 1. EVOLUTION

---

Il n'est pas aisé de donner une définition au terme "système d'informatique distribuée" car il ne possède pas de définition universellement connue. Il faut cependant retenir que tout système informatique est composé de trois fonctions essentielles qui sont les fonctions de stockage, de traitement et de transmission.

Dans le cas d'un SID, il y a distribution de ces fonctions sur les composants du système. Par composant, il faut entendre tout élément capable de traiter ou de stocker de l'information.

Nous tenterons de donner une définition au terme "système d'informatique distribuée" au chapitre 2. Quant au présent chapitre, il nous permettra de retracer l'évolution des systèmes informatiques vers les SID en dégagant les raisons qui conduisent à distribuer leurs fonctions entre les différents composants.

Cette description est une synthèse de [CAR], [HEM], [MAC], [PIE].

L'évolution des systèmes informatiques vers les SID se décompose en cinq étapes essentielles :

- la connexion directe des terminaux à l'ordinateur central
- le partage des lignes de transmission
- le développement des concentrateurs
- l'apparition des processeurs frontaux
- l'apparition des réseaux généraux d'ordinateurs.

### 1.1. ETAPE 1 : LA CONNEXION DIRECTE DES TERMINAUX A L'ORDINATEUR CENTRAL

Les premiers systèmes informatiques réclamaient des cartes perforées pour l'entrée des données, et ne fournissaient les résultats qu'à la fin du traitement.

Très vite la nécessité de dialogue entre l'utilisateur et le système informatique s'est fait sentir. La réponse à ce besoin fut la connexion directe de terminaux à l'ordinateur par des lignes point à point (1) (cfr figure 1.1.). Ces systèmes sont dits interactifs. Il s'agit de systèmes où il existe une alternance entre les messages provenant de l'utilisateur et la réponse du système de traitement.

Au début, les terminaux se trouvaient dans l'environnement direct de l'ordinateur central. Plus tard, ils se sont dispersés pour se rapprocher de l'utilisateur.

Au sein du système informatique, la distribution des fonctions était très simple : le maximum dans l'ordinateur central, et le minimum, c'est-à-dire la gestion de la ligne de transmission, dans le terminal.

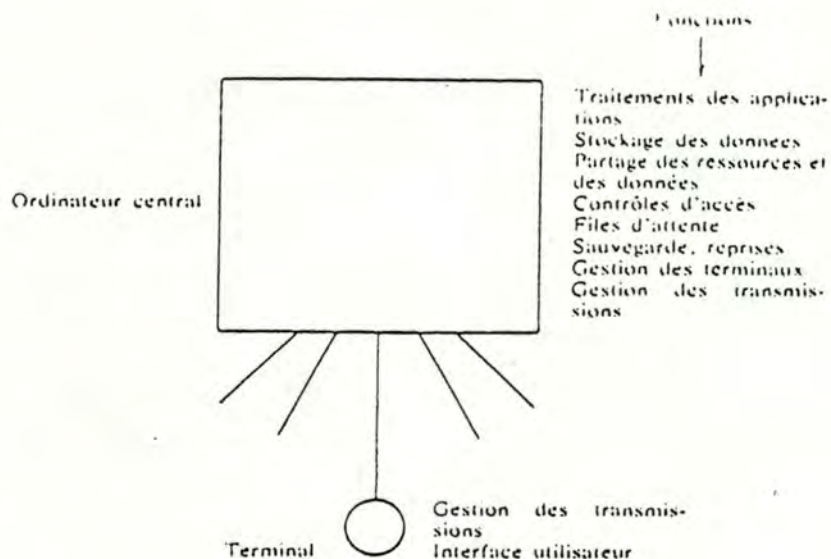


Figure 1.1 : Etape 1 : Connexion directe de terminaux à l'ordinateur central

(1) Une ligne point à point est une ligne qui ne comporte que deux extrémités.



## 1.2. ETAPE 2 : LE PARTAGE DES LIGNES DE TRANSMISSION

Le nombre de terminaux augmentant, la connexion directe de terminaux à l'ordinateur par des lignes point à point devient un problème :

- d'une part, en raison des coûts croissants résultant :
  - a. du matériel nécessaire à la connexion d'un terminal à l'ordinateur central;
  - b. de la monopolisation de la puissance de l'ordinateur pour la gestion des transmissions;
  - c. de la faible utilisation des lignes de transmission (pour les terminaux conversationnels)
- d'autre part, en raison de la complexité d'une telle organisation entraînant une forte dégradation du temps de réponse.

Une des premières préoccupations fut de réduire les coûts des transmissions (point a et b).

Plusieurs techniques ont été envisagées :

- l'utilisation des réseaux téléphoniques
- l'utilisation des lignes multipoints
- l'utilisation des multiplexeurs
- l'utilisation des concentrateurs.

### 1.2.1. L'UTILISATION DU RESEAU TELEPHONIQUE

Les systèmes informatiques dont les terminaux étaient géographiquement éloignés ont trouvé dans le réseau téléphonique une rentabilisation des lignes de transmission.

L'ordinateur central est connecté au réseau téléphonique par un certain nombre de numéros d'appel . Pour dialoguer avec le central, tout terminal devra passer par le réseau téléphonique en utilisant un de ces numéros (cfr figure 1.2.).

L'utilisation d'une telle technique permet de réduire sensiblement les coûts de transmission. En contrepartie, l'ordinateur central voit sa gestion de lignes de transmission se compliquer puisque chaque ligne "entrante" peut être utilisée par n'importe quel terminal. De plus, un temps d'attente risque de se produire avant que la connexion ne soit établie en cas d'occupation de tous les numéros d'appel.

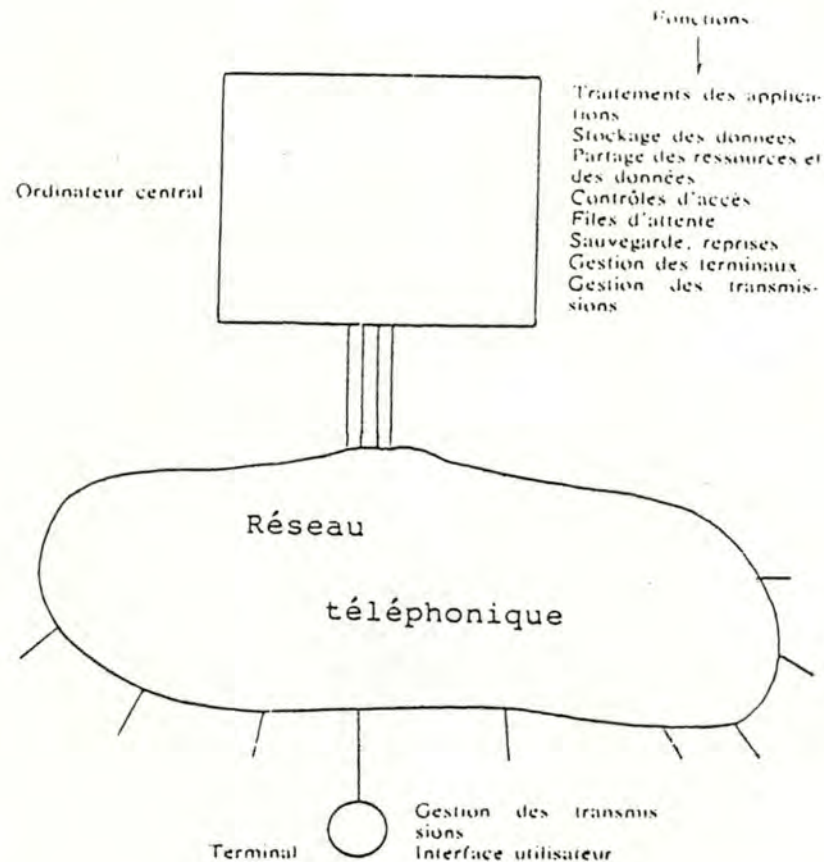


Figure 1.2. : Etape 2 : Utilisation du réseau téléphonique

### 1.2.2. L'UTILISATION DES LIGNES MULTIPOINTS

Une autre technique de réduction des coûts des transmissions est l'utilisation des lignes multipoints (cfr figure 1.3.). Une ligne multipoint est une ligne établie entre plus de deux stations. Dans une telle configuration, les données émises par l'ordinateur central sont reçues simultanément par tous les terminaux connectés. Les transmissions vers l'équipement central doivent s'effectuer l'une à la suite de l'autre, de manière ordonnée.



L'ordinateur voit s'accroître également la complexité de sa fonction de gestion des lignes de transmission.

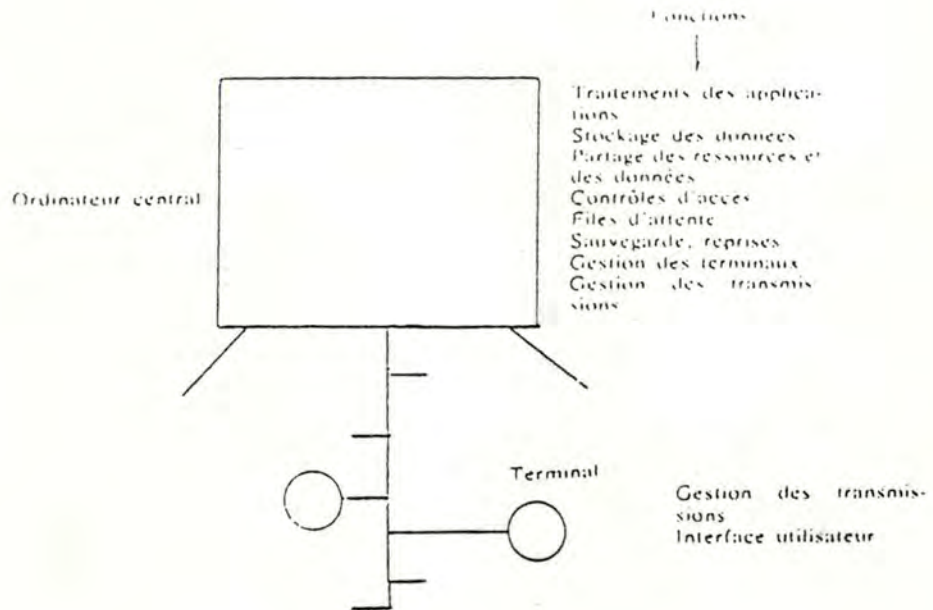


Figure 1.3. : Utilisation des lignes multipoints

### 1.2.3. L'UTILISATION DES MULTIPLEXEURS

Le multiplexeur est une unité qui permet de mélanger, suivant une méthode invariable dans le temps, sur une ligne unique, dite ligne à haute vitesse ou ligne composite, les messages provenant de plusieurs lignes, dites lignes à basse vitesse.

Le rôle du multiplexeur sera de partager la ligne composite de débit binaire  $D(1)$  entre les différentes lignes à basse vitesse qui y sont rattachées, et dont la somme des débits binaires  $D_i$  ne peut excéder  $D$  (cfr figure 1.4.). Cette technologie a l'avantage de permettre à plusieurs terminaux d'utiliser simultanément une ligne de transmission en assurant à chaque terminal sa propre ligne indépendante.

---

(1) Le débit binaire d'une ligne de transmission est le nombre maximum d'éléments binaires que cette ligne peut transmettre par seconde. Le débit binaire s'exprime en éléments binaires par seconde (bit/s).

A l'autre extrémité de la ligne composite, il est nécessaire d'effectuer l'opération inverse afin d'extraire les données correspondant à chacun des terminaux. Cette opération est effectuée par une unité appelée démultiplexeur.

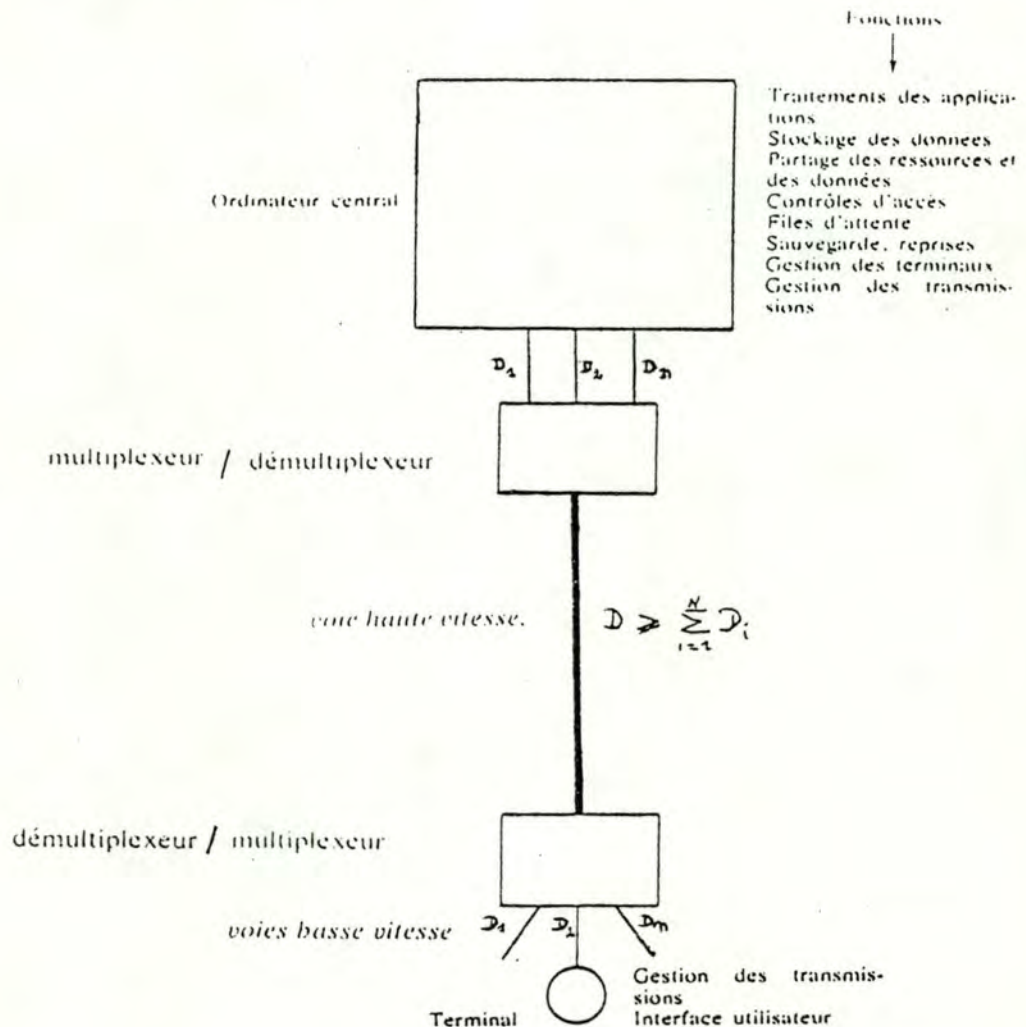


Figure 1.4. : Etape 2 : Utilisation des multiplexeurs

Les multiplexeurs sont des équipements le plus souvent cablés et non intelligents. Cependant, une évolution récente tend à doter ces matériels de possibilités plus étendues grâce à l'adjonction de processeurs. Ces multiplexeurs s'apparentent plus aux concentrateurs, que nous verrons au point 1.2.4. qu'aux multiplexeurs classiques.



Par sa nature, le multiplexeur est transparent pour l'ordinateur et l'utilisateur. Par conséquent, le nombre de connexions à l'équipement central est identique à celui nécessaire à la connexion du même nombre de terminaux avec des lignes point à point.

La réduction du coût provient essentiellement de l'utilisation d'une ligne composite en remplacement des lignes à basse vitesse.

#### 1.2.4. L'UTILISATION DES CONCENTRATEURS

Le concentrateur a pour rôle essentiel, comme les multiplexeurs, de regrouper sur une seule ligne les informations provenant de plusieurs lignes.

A l'opposé du multiplexeur, le concentrateur ne s'occupe d'une ligne de terminal que si elle transmet réellement. Il permet donc de supprimer les silences présents dans le cas du multiplexeur. De plus, le concentrateur permet l'utilisation d'une ligne composite, ou à haute vitesse, dont le débit  $D$  peut être inférieur à la somme des débits  $D_i$  des lignes à basse vitesse (cfr figure 1.5.).

Si toutes les lignes venant des terminaux deviennent actives simultanément, le débit global ne peut être écoulé sur la ligne composite. Le concentrateur est amené alors à, soit à stocker une partie de l'information pour la retransmettre ultérieurement, soit à bloquer le trafic de une ou plusieurs lignes entrantes.

Le concentrateur dispose d'un ensemble d'instructions réduit, d'une capacité de mémoire vive peu importante, d'un dispositif de stockage de masse peu développé ou même inexistant, d'un système d'exploitation n'assurant que des fonctions simples permettant de gagner le maximum de rapidité d'exécution, de dispositifs d'interruption et d'entrée-sortie de transmission très développés.

L'atout du concentrateur en matière de réduction de coût de transmission est l'utilisation d'une ligne composite dont le débit binaire ne doit pas nécessairement être supérieur à la somme des débits entrants.

D'un autre côté, la technique du concentrateur demande une gestion plus complexe de la ligne composite.

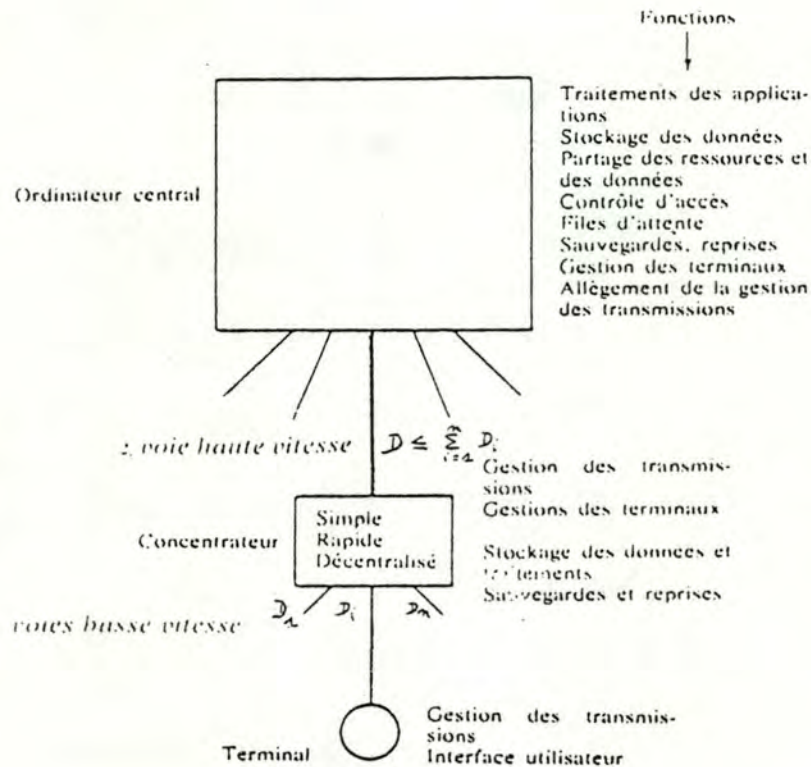


Figure 1.5. : Etape 2 : Utilisation des concentrateurs

Les quatre techniques présentées ci-dessus permettent de rentabiliser l'installation des lignes de transmission, mais ceci parfois au détriment de l'ordinateur central qui doit exécuter des fonctions de gestion de liaisons plus complexes.



Puisqu'il dispose d'une certaine intelligence, il est possible de doter le concentrateur de possibilités plus évoluées. Ces développements formeront la troisième étape de l'évolution des systèmes informatiques vers les S.I.D.

### 1.3. ETAPE 3 : LE DEVELOPPEMENT DES CONCENTRATEURS

Comme nous l'avons vu à la deuxième étape, le concentrateur est une unité programmable.

Très vite, on a exploité les concentrateurs pour qu'ils remplissent des fonctions liées aux applications en plus des fonctions de transmission (figure 1.6.). Ces fonctions peuvent être liées :

- au contrôle logique d'erreurs;
- à la suppression et à la génération des informations répétitives ne possédant pas de valeur intrinsèque. Ceci permet de ne transmettre que les informations strictement nécessaires;
- à la gestion de l'activité des différents terminaux et éventuellement au guidage pas à pas des opérateurs chargés de la saisie de données.

Ceci permet de décharger l'ordinateur central de ces fonctions, celui-ci pouvant ainsi se consacrer plus spécifiquement au traitement proprement dit des applications.

Outre une réduction des coûts de transmission (cfr 1.2.4.) le concentrateur intelligent améliore sensiblement le temps de réponse vu le rapprochement de certains prétraitements de l'utilisateur.

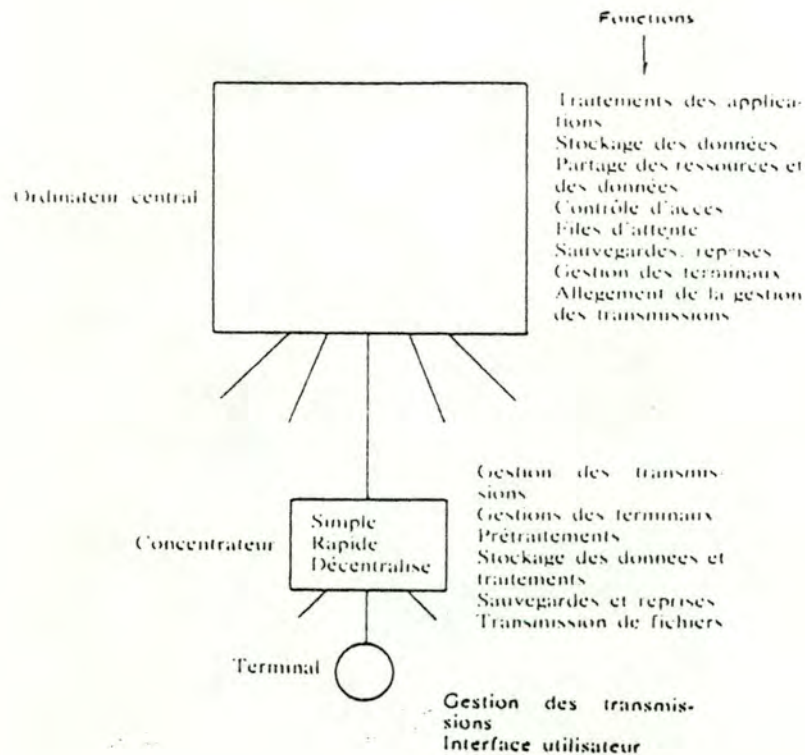


Figure 1.6. : Etape 3 : Développement des concentrateurs

#### 1.4. ETAPE 4 : L'APPARITION DES PROCESSEURS FRONTAUX

Dans les étapes précédentes, l'ordinateur central assisté d'un contrôleur de transmission reste chargé des fonctions de gestion de transmission.

L'idée primordiale jusqu'à présent a donc été la réduction des coûts résultant des lignes de transmission. Le développement des concentrateurs a permis de décharger l'ordinateur central de certains traitements.

Cette même expérience a ensuite permis de remplacer les contrôleurs de transmission câblés par des contrôleurs programmés, dit processeurs frontaux (figure 1.7.), ou FRONTAUX. L'ordinateur central se voit soulagé de la totalité de la gestion des liaisons qui pénalise le traitement des applications.



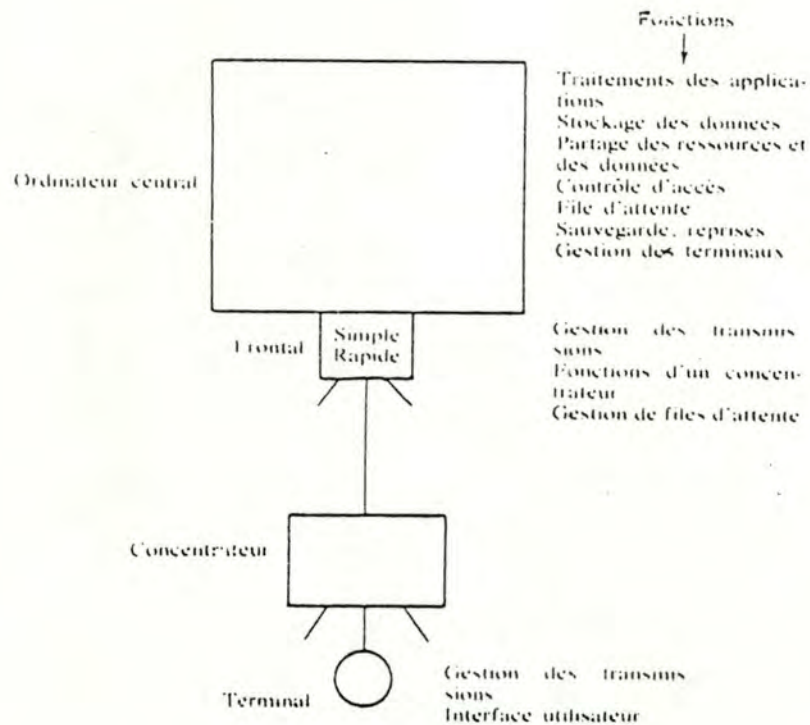


Figure 1.7. : Etape 4 : Utilisation des frontaux

Le processeur frontal est caractérisé par :

- le fait qu'il est intimement relié à l'ordinateur central par une interface rapide, et peut donc décharger entièrement le central de fonctions telles que la gestion des transmissions;
- le fait qu'il réalise des fonctions de contrôle de réseau de communication;
- le fait qu'il exécute des programmes fournis par le système pour gérer les échanges avec les terminaux et rendre ainsi les programmes d'application indépendants des caractéristiques physiques des appareils;
- le fait que son utilisation accroît la performance globale du système et autorise une souplesse dont on ne dispose pas avec un contrôleur câblé;

- le fait qu'il permet de modifier les procédures de transmission en fonction des caractéristiques du réseau sans avoir à modifier le logiciel implémenté dans le central.

L'expérience acquise avec les frontaux et les concentrateurs a conduit à construire des systèmes informatiques tirant profit de ces deux techniques (cfr. figure 1.8.).

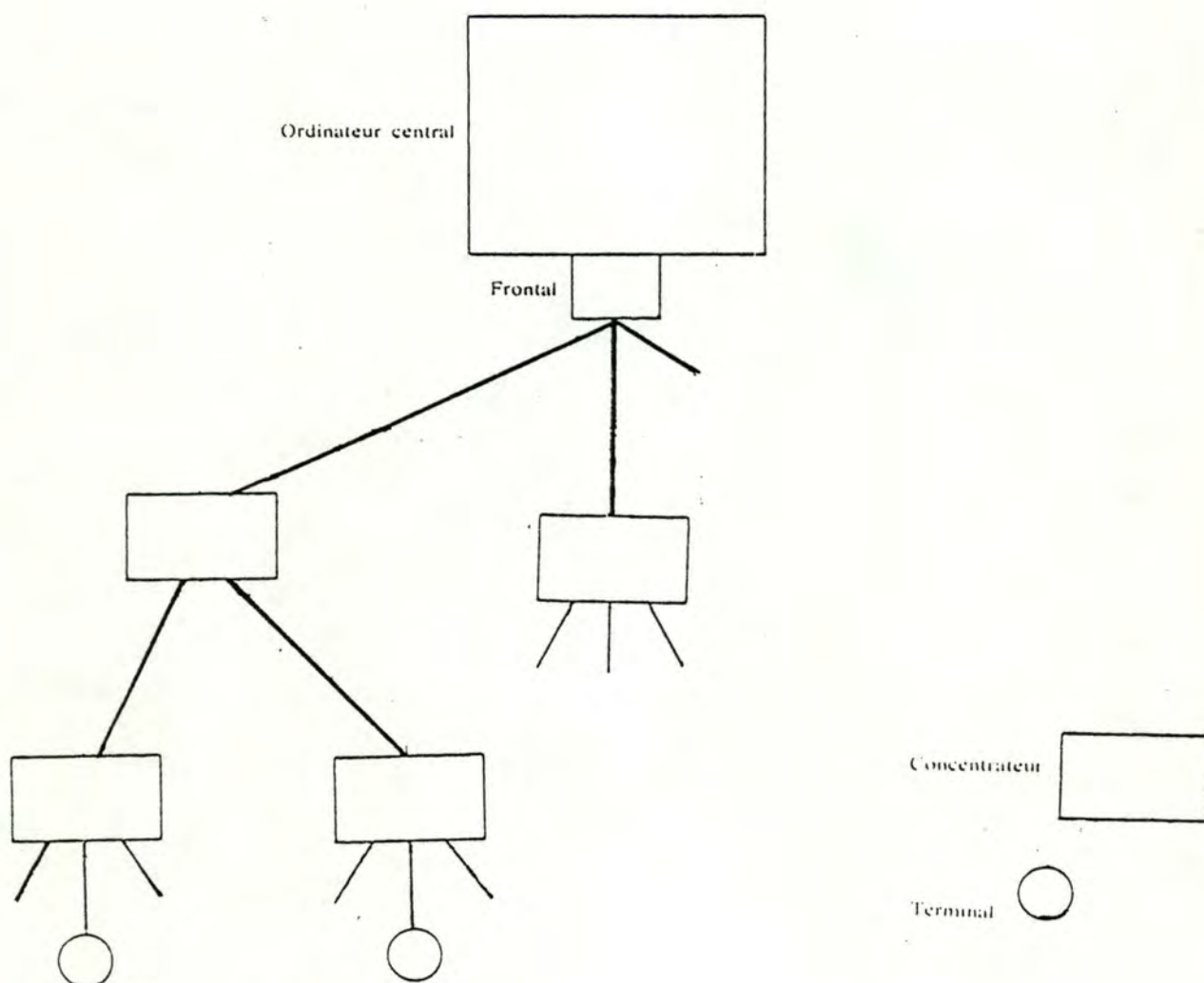


Figure 1.8. : Etape 4 : Mise à profit des frontaux et des concentrateurs



### 1.5. ETAPE 5 : L'APPARITION DES RESEAUX GENERAUX D'ORDINATEURS

Dans les quatre premières étapes, les systèmes informatiques ont une structure étoilée. L'expérience des interconnexions entre les frontaux, les concentrateurs et le central a conduit à créer des réseaux d'ordinateurs (cfr fig. 1.9.) à l'intérieur desquels :

- un terminal peut accéder à différents ordinateurs afin de bénéficier d'une variété de services
- les communications entre ordinateurs permettent de réaliser des applications informatiques distribuées.

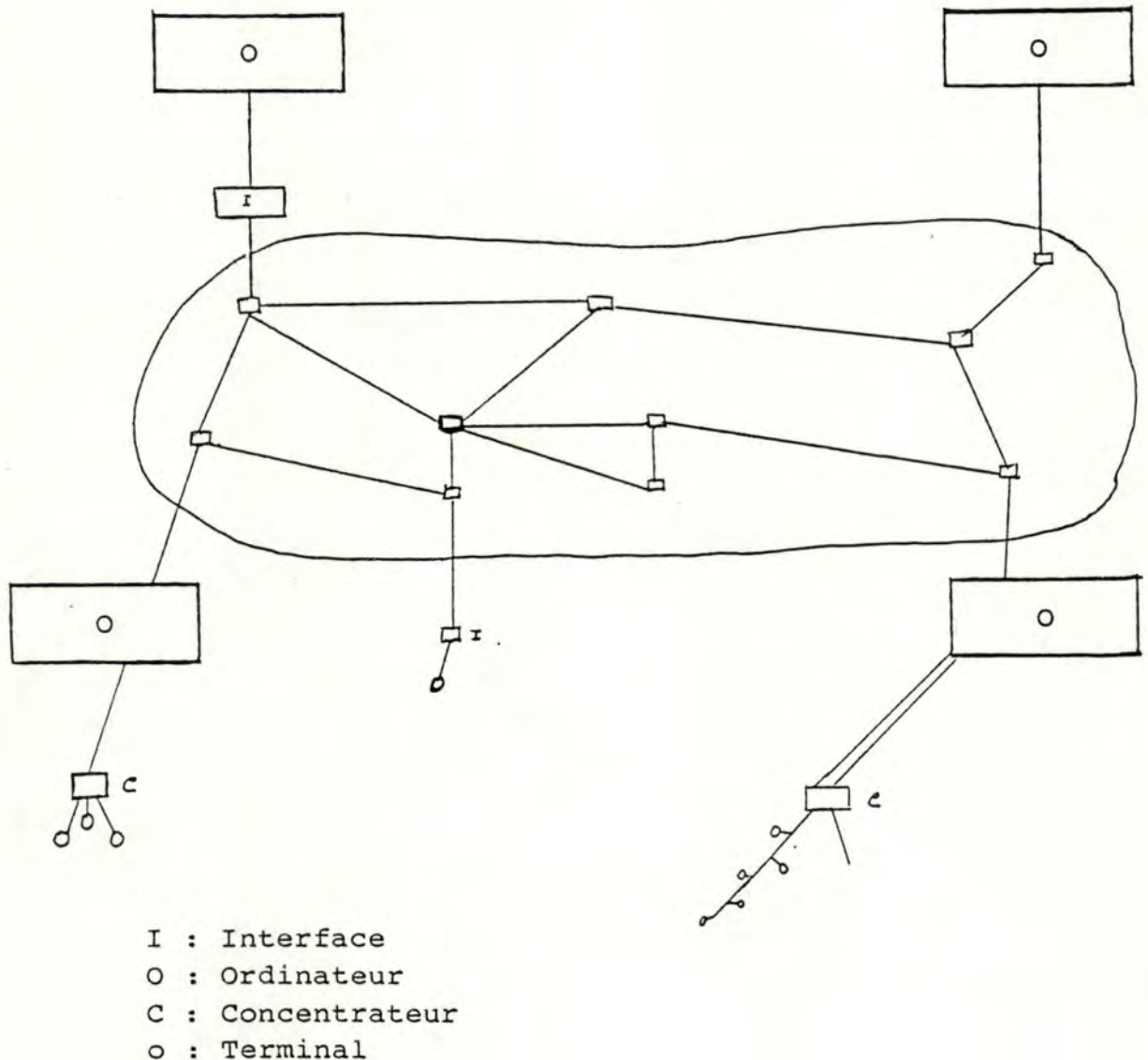


Figure 1.9. : Réseaux généraux d'ordinateurs

Suite à la description des étapes essentielles de l'évolution des systèmes informatiques vers les SID, il apparaît dès l'avènement des concentrateurs (cfr supra étape 2) que les systèmes informatiques peuvent être considérés comme des SID. Il y a distribution du traitement puisque l'ordinateur central a notamment laissé à d'autres équipements une partie de la gestion des terminaux.



## CHAPITRE 2. DEFINITIONS

---

Nous définirons dans ce chapitre les notions suivantes :

- système informatique centralisé
- système informatique décentralisé
- système d'informatique distribuée ou répartie
- réseau

### 2.1. SYSTEME INFORMATIQUE CENTRALISE

*Un système est appelé système centralisé lorsqu'il se compose d'une seule unité de traitement et de stockage à laquelle des postes de saisie de données sont connectés (cfr figure 2.1. a et d).*

### 2.2. SYSTEME INFORMATIQUE DECENTRALISE

*Un système informatique est appelé système décentralisé lorsqu'il se compose d'unités de traitement et/ou de stockage de données autonomes, interconnectées ou pas, et non soumises au contrôle d'une unité centrale (cfr figure 2.1. b et c).*

### 2.3. SYSTEME D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE OU REPARTIE

La définition que nous adoptons est celle formulée par Harold Lorin dans [LOR].

*"A distributed system is one in which there are several autonomous but interacting processors and/or data stores at different geographic locations.*

Les figures 2.1.d et 2.1.e représentent des systèmes d'informatique distribuée.

Nous considérons que les termes "système d'informatique distribuée" et "système d'informatique répartie" sont équivalents. Dans la suite, nous préférons utiliser le premier terme.

*Un système d'informatique sera dit système d'informatique distribuée local s'il présente les caractéristiques suivantes :*

- le système est un S.I.D.*
- son étendue géographique est limitée, allant de quelques mètres à quelques kilomètres.*



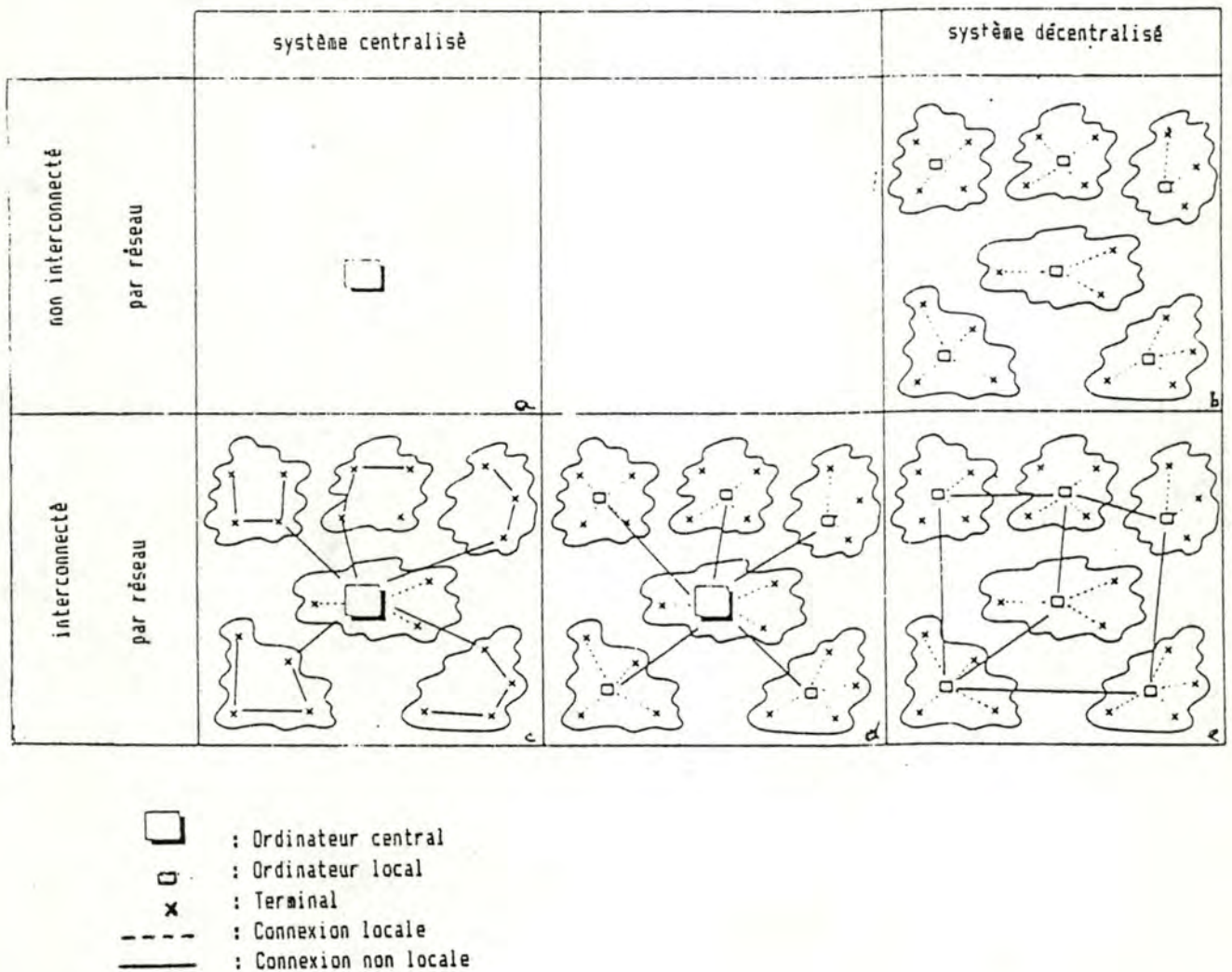


Figure 2.1. : Système centralisé, décentralisé et distribué

#### 2.4. RESEAU

*Un réseau est un ensemble de moyens mis en oeuvre pour permettre à des usagers distants d'échanger entre eux des informations avec un délai aussi court que possible.*

*Un réseau local est un réseau présentant les caractéristiques suivantes :*

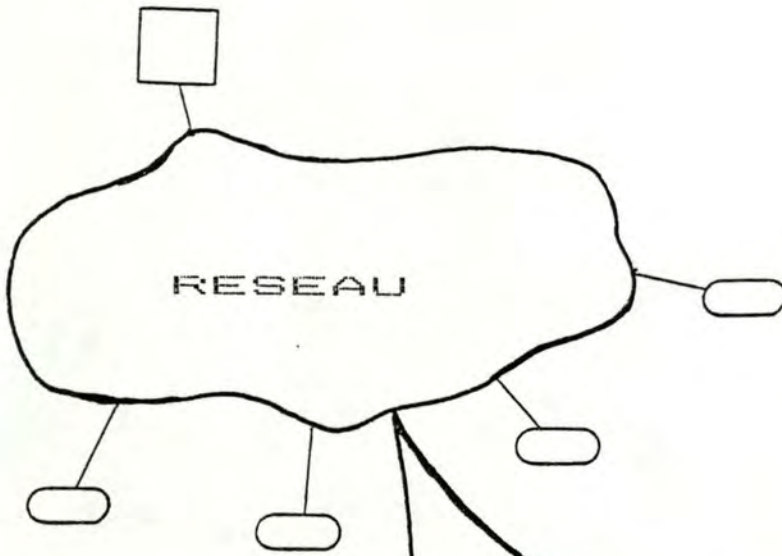
- *son étendue géographique est limitée, allant de quelques mètres à quelques kilomètres;*
- *les moyens de communication autorisent le plus souvent des débits de transmission qui peuvent être du même débit que les débits internes aux ordinateurs connectés.*

La figure 2.2. nous permet de préciser la relation entre les termes "système informatique central", de "système informatique distribué" et de "réseau".

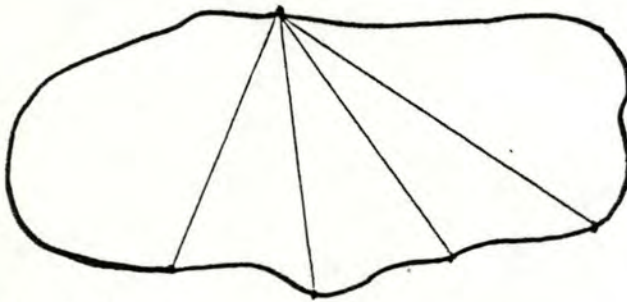
Les systèmes informatiques centraux et les systèmes d'informatique distribuée utilisent un réseau de communication pour assurer le transfert de leurs données (cfr. figure 2.2.a et b). Ces réseaux peuvent avoir différentes structures allant de simples lignes point à point (figure 2.2.c) à des structures plus complexes faisant intervenir à la fois des lignes et des équipements informatiques de traitements et de stockage (cfr. figure 2.2.d). Seul ce dernier type de réseau pourra être considéré comme un SID puisqu'il répond à la figure 2.5.

Dans la suite du mémoire, nous ne nous préoccupons pas de la structure des réseaux de transmission. Ils seront réduits à un simple moyen de communication dont la structure n'interviendra en rien dans le caractère distribué du système informatique qui l'utilise.

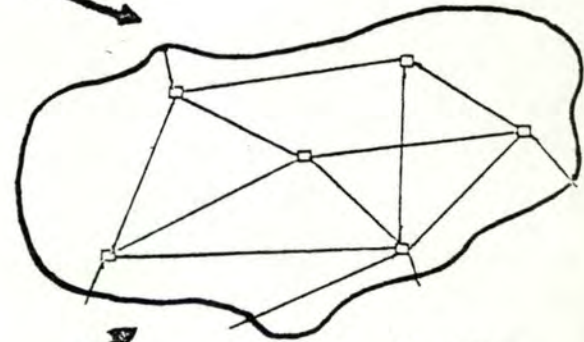




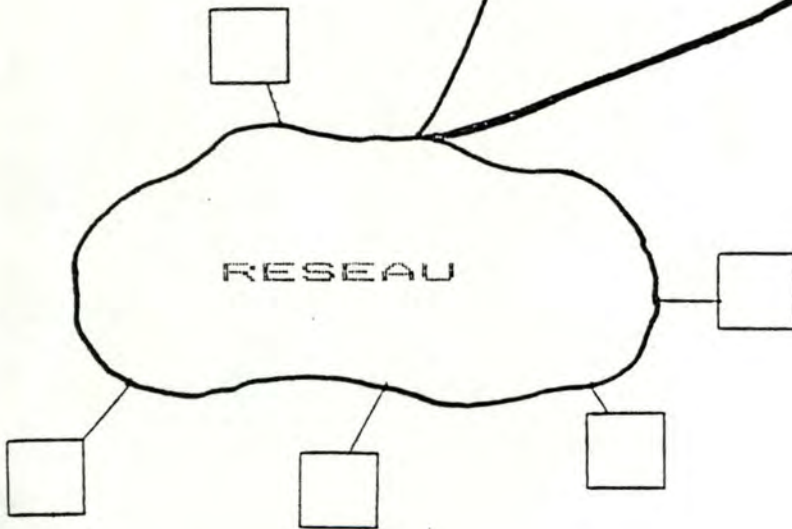
(a) Système informatique central



(c) Réseau



(d) Réseau



(b) Système d' informatique distribuée

Légende :



: Ordinateur



: Terminal



: Ordinateur appartenant au réseau

— : Ligne de communication

Figure 2.2. : S.I.D. et réseaux

## CHAPITRE 3.      EXEMPLES

---

Dans ce chapitre, nous proposons successivement des exemples de S.I.D. et de réseaux pouvant être considérés comme des S.I.D. par leurs concepteurs.

### 3.1. EXEMPLES DE SYSTEMES D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE

#### 3.1.1. SYSTEME INFORMATIQUE DE LA BANQUE BRUXELLES-LAMBERT

[BBL]

La banque Bruxelles-Lambert utilise une informatique distribuée reliant des centaines de mini-ordinateurs qui gèrent le dialogue homme-machine à partir de 2000 terminaux, aux données centralisées sur des ordinateurs centraux (figure 3.1.).

La configuration se compose de :

1. trois ordinateurs centraux puissants et communiquant entre-eux. Un de ceux-ci est utilisé comme frontal. Les deux autres sont utilisés pour le traitement des applications.

Toutes les opérations de base provenant des agences (retraits, dépôt,...) se font sur une base de données centrale.



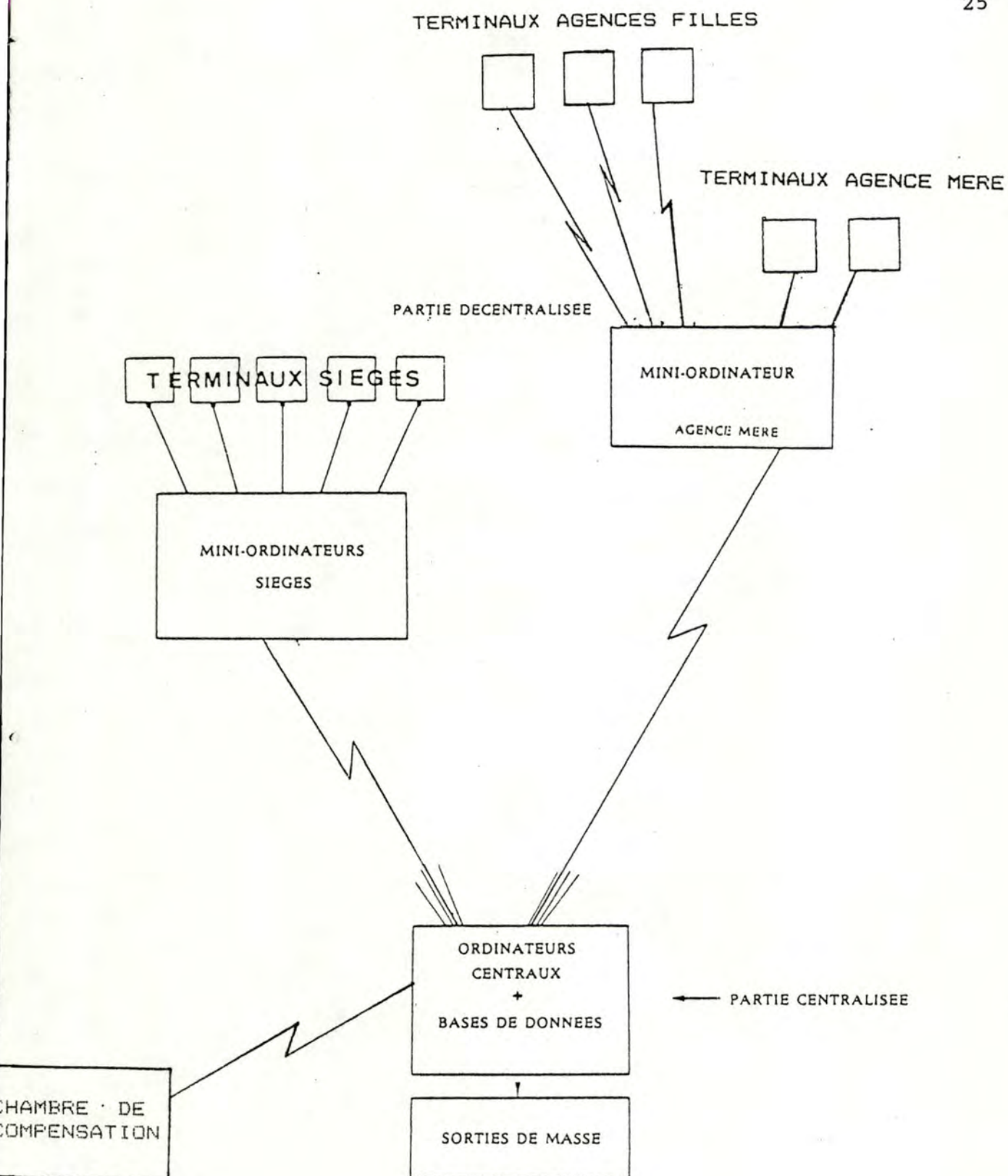


Figure 3.1. : Structure du système de la BBL.

2. d'une structure hiérarchique à deux niveaux formée par :
  - les agences mères qui possèdent un mini-ordinateur. Ceux-ci disposent d'une base de données réduite aux fichiers signalétiques des clients des agences mères et des agences filles qui en dépendent. Le rôle de ce mini-ordinateur est celui d'un concentrateur muni d'une certaine capacité de traitement afin de réduire au maximum les informations à transférer à l'ordinateur central.
  - les agences filles qui possèdent un ou plusieurs postes de travail. Ces postes de travail sont directement reliés à l'agence mère qui est "physiquement" considérée comme la plus proche.
3. de l'ensemble des sièges qui sont connectés directement aux ordinateurs centraux. Un siège, étant de taille beaucoup plus importante que les agences, est considéré comme une unité entièrement autonome. Vu sa taille et sa nature, le siège possède cinq mini-ordinateurs interconnectés. Chacun de ces mini-ordinateurs est spécialisé c'est-à-dire qu'il assure un type de traitement bien précis. Cet ensemble de mini-ordinateurs forme un S.I.D. local dont nous parlerons dans le deuxième exemple.

Ce système profite de la structure de l'organisation et s'adapte parfaitement à celle-ci.

Il montre une volonté de rapprocher les traitements de l'utilisateur et permet une réduction considérable des coûts de transmission. Le temps de réponse est également préservé puisqu'une grande partie du traitement est exécuté le plus près possible de l'utilisateur (guidance de l'utilisateur, contrôle, etc...).

Il est à spécifier que le système informatique de la BBL est un système d'informatique distribuée mais contenant une part centralisée.

Les éléments centraux sont les trois ordinateurs puissants et la base de données centrale.



Les raisons de ce choix sont essentiellement économiques.

- a. A l'heure actuelle, il est plus rentable de stocker une grande quantité de données sur des disques grand format que sur un grand nombre de disques petit format.
- b. Beaucoup d'interactions utilisant de nombreuses données, se font entre le siège central et des organismes tels que la chambre de compensation.
- c. La centralisation permet de sortir en vrac au moyen de matériels importants tous les documents à destination des sièges et agences (extraits de comptes, virements, etc...). De tels volumes transférés sur des lignes de télécommunication entraîneraient des coûts exorbitants.

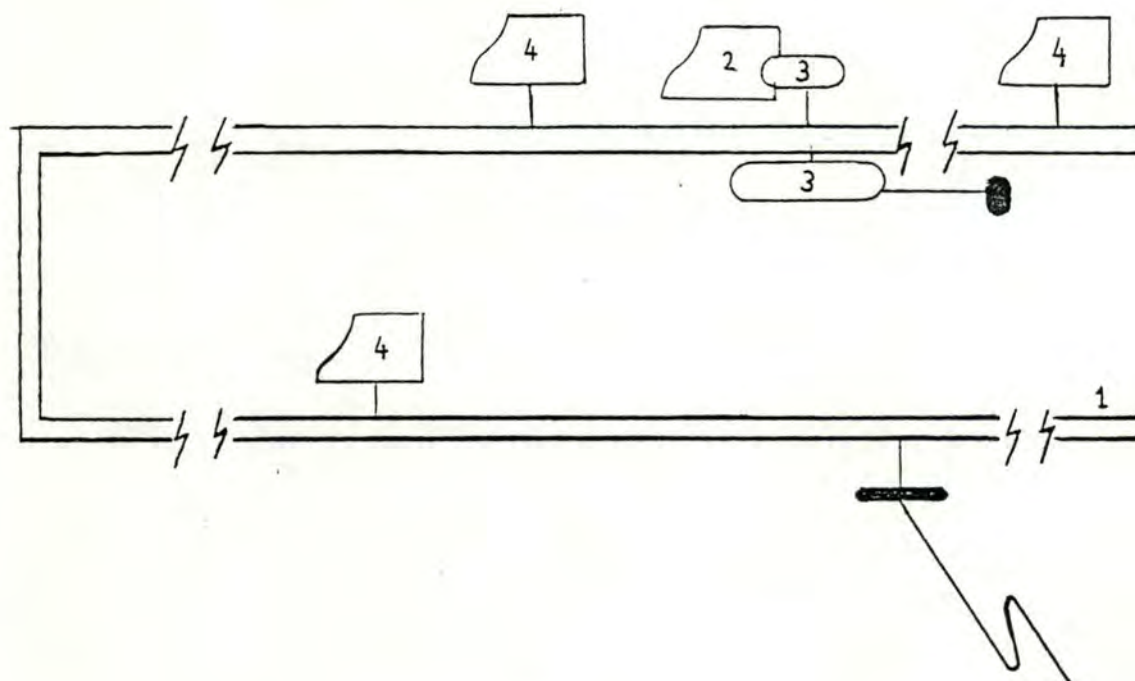
Les perspectives du système d'informatique distribuée à la BBL seraient d'accentuer le rapprochement des traitements de l'utilisateur en dotant les agences filles de terminaux intelligents ou de mini-ordinateurs.

### 3.1.2. SYSTEME LOCAL D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE

Le système d'informatique local exposé ci-dessous est basé sur un réseau local "HINET" de Digital Microsystems.

Le S.I.D. local "HINET" se compose (figure 3.2.) :

1. d'un câble de communication
2. d'une station "maître" possédant une base de données. Cette station gère les communications entre les utilisateurs et la base de données commune.
3. de stations qui sont des micro-ordinateurs possédant leur propre base de données. Elles peuvent donc travailler de façon tout à fait autonome.
4. d'une interface permettant la connexion d'une ligne de télécommunication externe au S.I.D.



- 1 : cable de communication
- 2 : station maître
- 3 : base de données commune
- 4 : postes de travail (micro-ordinateurs)
- 5 : interface de connexion à une ligne de télécommunication externe

Figure 3.2. : HINET

Ce système tire profit de la nature de chaque station. Celles-ci sont des micro-ordinateurs ayant une base de données propre. Ceci permet de les utiliser en tant que micro-ordinateurs autonomes, ou en tant que micros appartenant à un système d'informatique distribuée.

Ce système est très souple car il permet d'ajouter ou de retirer un composant sans devoir concevoir à nouveau le système alors que ce n'est pas toujours vrai dans le cas d'un ordinateur central.

De plus, tous les éléments vitaux, tels que le processeur maître qui gère les communications ou la base de données commune peuvent être dédoublés facilement et ainsi assurer une fiabilité plus importante.



On peut également spécialiser chacun des micro-ordinateurs connectés au réseau local afin d'optimiser le matériel employé. De cette façon, on peut dédier un micro-ordinateur pour le traitement de texte, un autre pour les communications vers l'extérieur, etc...

Un autre exemple de système d'informatique distribuée local est l'ensemble des ordinateurs se trouvant dans les sièges de la B.B.L. (cfr supra point 3.1.1.). Ces ordinateurs sont interconnectés et chacun d'entre eux est spécialisé dans une tâche bien déterminée (communication vers les ordinateurs centraux, gestion de la base de données locale, etc...)

### 3.2. EXEMPLES DE RESEAUX

#### 3.2.1. SYSTEME DE COMMUNICATION : RESEAU PUBLIC DCS [RTT]

Lorsqu'on désire relier des équipements informatiques distants, il est possible de connecter ceux-ci à un système de communication capable d'établir toutes les liaisons souhaitées. Le partage de ce système de communication permet de réduire considérablement les coûts de transmission.

Un exemple de système de communication est le réseau téléphonique.

Les utilisateurs de systèmes de communication ont très vite éprouvé le besoin de pouvoir utiliser des moyens de communication spécialisés pour la transmission de données. Dans cette optique, les Pouvoirs Publics de beaucoup de pays ont développé des réseaux appropriés à la transmission de données.

Nous allons nous attacher au réseau de transmission de données de la RTT Belge. Celui-ci est nommé DCS, abréviation de Data Communication Service.

Les caractéristiques de DCS sont :

- la commutation, c'est-à-dire la possibilité de mise en relation de deux abonnés quelconques, suite à une sélection,
- la qualité de service obtenue par la correction automatique des erreurs de transmission,
- des conversions possibles de vitesse permettant les échanges entre terminaux différents,
- une haute disponibilité du réseau grâce au doublement d'organes et aux possibilités de routages multiples,
- un rendement amélioré des lignes par une mise à profit des taux de silence des communications.

On peut raccorder à DCS les équipements informatiques qu'ils soient :

- ordinateurs (banques de données, calculateurs )

ou

- terminaux interrogeant, fournissant ou recevant de l'information.

Le réseau DCS est formé de centraux de commutation appelés noeuds, reliés entre eux par plusieurs artères de transmission à grande vitesse. Chaque noeud est équipé d'un ordinateur doublé spécialisé : les noeuds assurent la fonction de commutation.

Les artères de transmission permettent un débit de 64 Kbit/s (fig.3.3). Le réseau DCS est relié par des artères à haute vitesse à d'autres réseaux similaires à l'étranger (Europe, USA, Japon,...), ainsi qu'au réseau téléphonique et téléx national.

Les vitesses de transmission disponibles sur la ligne de raccordement sont de 2400, 4800, 9600 et 48000 bit/s en duplex intégral (1).

---

(1) Une ligne est dite en duplex intégral lorsqu'elle permet une transmission dans les deux sens à la fois.



Les séquences de données provenant d'une installation d'abonné (terminal ou ordinateur) sont découpées en courts tronçons appelés "paquets". Ceux-ci sont accompagnés d'informations de service qui les identifient de façon à permettre leur acheminement à travers le réseau vers la destination choisie.

Une fois arrivés, les paquets sont libérés des informations de service : les messages se retrouvent ainsi automatiquement reconstitués. Cette technique est appelée Commutation par paquet.

Un ensemble de règles a été normalisé pour permettre d'établir, de maintenir et de libérer un appel : la division en tronçons, la formation des informations de service, les procédés de détection d'erreurs et les demandes de retransmission. Ces règles sont appelées protocoles. Celui qui régit le fonctionnement du réseau DCS est conforme à l'avis X25 du CCITT (2).

Si l'équipement de l'abonné dispose d'un tel protocole, il pourra être connecté directement au réseau DCS. Dans le cas contraire, la conversion entre les procédures spécifiques à l'équipement et le protocole utilisé dans le réseau est réalisé dans le noeud d'accès de l'équipement par une fonction appelée Programme assembleur et désassembleur de paquets (PAD).

La fonction principale du PAD est d'assembler sous forme de paquets les caractères reçus de l'équipement, et inversement de lui délivrer sous forme de caractères les paquets qui lui sont destinés.

Cette technique de transmission de données avec commutation par paquets permet d'accroître considérablement le rendement des artères de transmission, d'où une optimisation des moyens de transmission et une baisse des coûts d'utilisation.

Tous les noeuds participent à l'acheminement des paquets en déterminant la route vers les noeuds suivants ou vers le destinataire. Il n'existe qu'un organe central, appelé centre de contrôle (NCC), pour la surveillance du réseau.

---

(1) Le CCITT est le Comité Consultatif International pour le Télégraphe et le Téléphone.

Pour les concepteurs d'un tel système, DCS est un SID puisqu'il se compose d'un ensemble de noeuds interconnectés dotés d'une capacité de traitement et de stockage de données plus ou moins autonomes, situés dans des sites géographiquement différents (cfr 2.3.).

Pour des utilisateurs d'un tel système, DCS est un réseau de communication (cfr 2.5.).



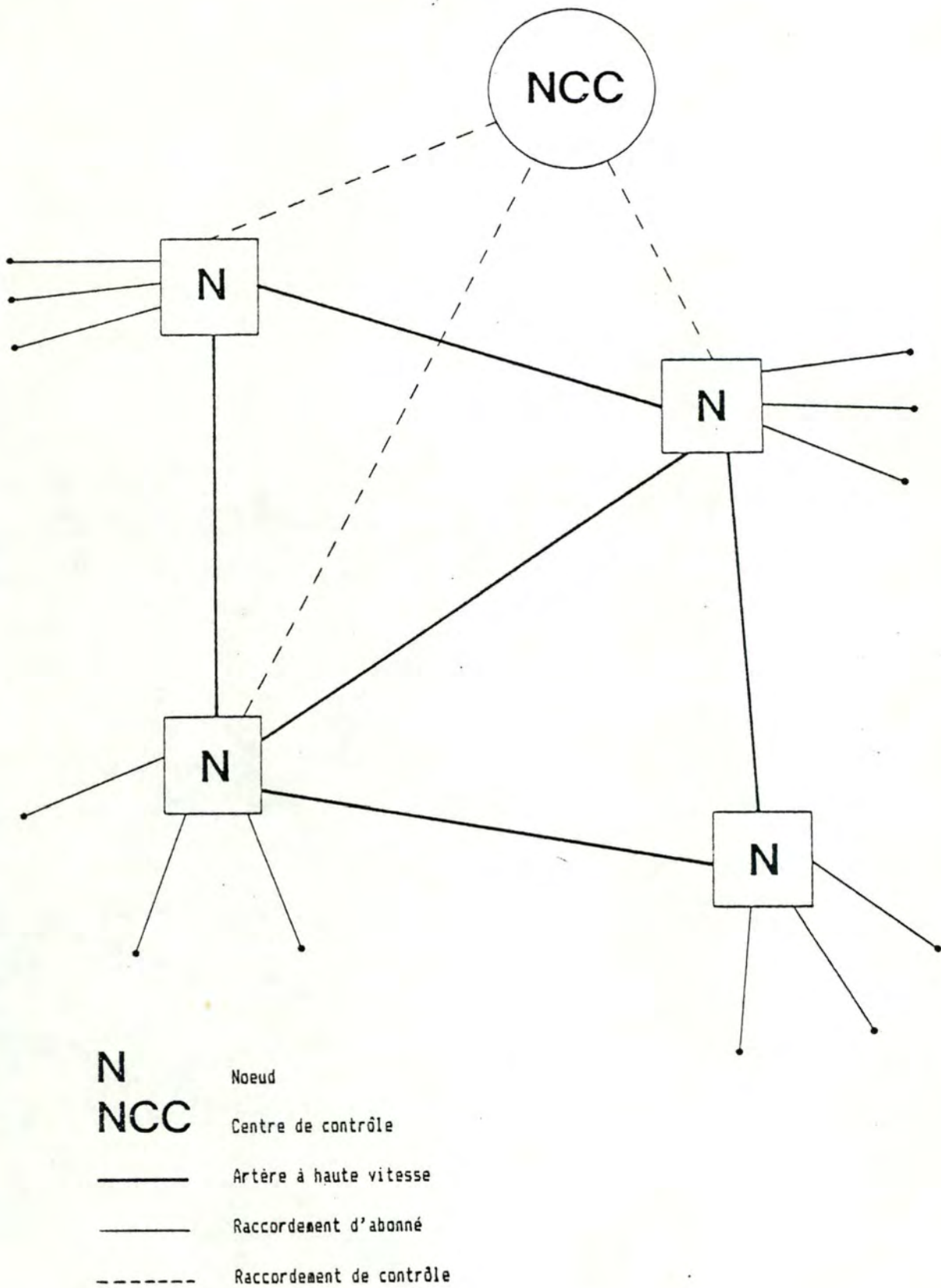


Figure 3.3. : Réseau Public de transmission de données DCS

### 3.2.2. RESEAU PRIVE DE COMMUNICATION : SOPHO-NET

Comme nous l'avons vu dans l'exemple précédent, il est possible d'utiliser le réseau DCS comme moyen de communication au sein d'un système d'informatique distribuée mis en place par une organisation. DCS n'assurant que le transport des informations, il n'apporte pas de solution à de nouveaux problèmes qui sont notamment issus :

- de la volonté d'interconnecter des matériels de types différents,
- de la nécessité d'utiliser simultanément différents systèmes de communication tels que le réseau téléphonique, DCS, des réseaux locaux, qui n'utilisent pas les mêmes techniques,
- de la volonté de masquer les caractéristiques des systèmes de communication utilisés.

Sopho-Net [LIE] apporte des solutions à ces problèmes. Il permet de connecter un ensemble d'équipements informatiques de types différents en mettant dans l'ombre tous les problèmes de compatibilité entre machines au niveau des particularités de transmission. Il permet également l'utilisation de n'importe quel type de communication (cfr Figure 3.4.).

Chaque équipement informatique utilisateur est connecté à un noeud du système Sopho-Net. La particularité de ce noeud provient du dialogue avec les équipements informatiques qui lui sont connectés suivant leurs caractéristiques de transmission.

Tous ces noeuds Sopho-Net sont interconnectés via des systèmes de communication privés (systèmes locaux) ou publics (réseau téléphonique, DCS,...)

Tout échange de données suit le cheminement suivant:

- de l'utilisateur au noeud Sopho-Net dont il dépend, appelé noeud "parent", suivant les caractéristiques de transmission de l'utilisateur,



- de ce noeud "parent" au noeud "parent" de destination, avec la possibilité de transition par des noeuds Sopho-Net intermédiaires,
- du noeud "parent" de destination à l'utilisateur suivant les caractéristiques de transmission de celui-ci.

La localisation des noeuds est choisie en tenant compte du nombre d'utilisateurs à connecter, des performances et des coûts des ressources de transmission.

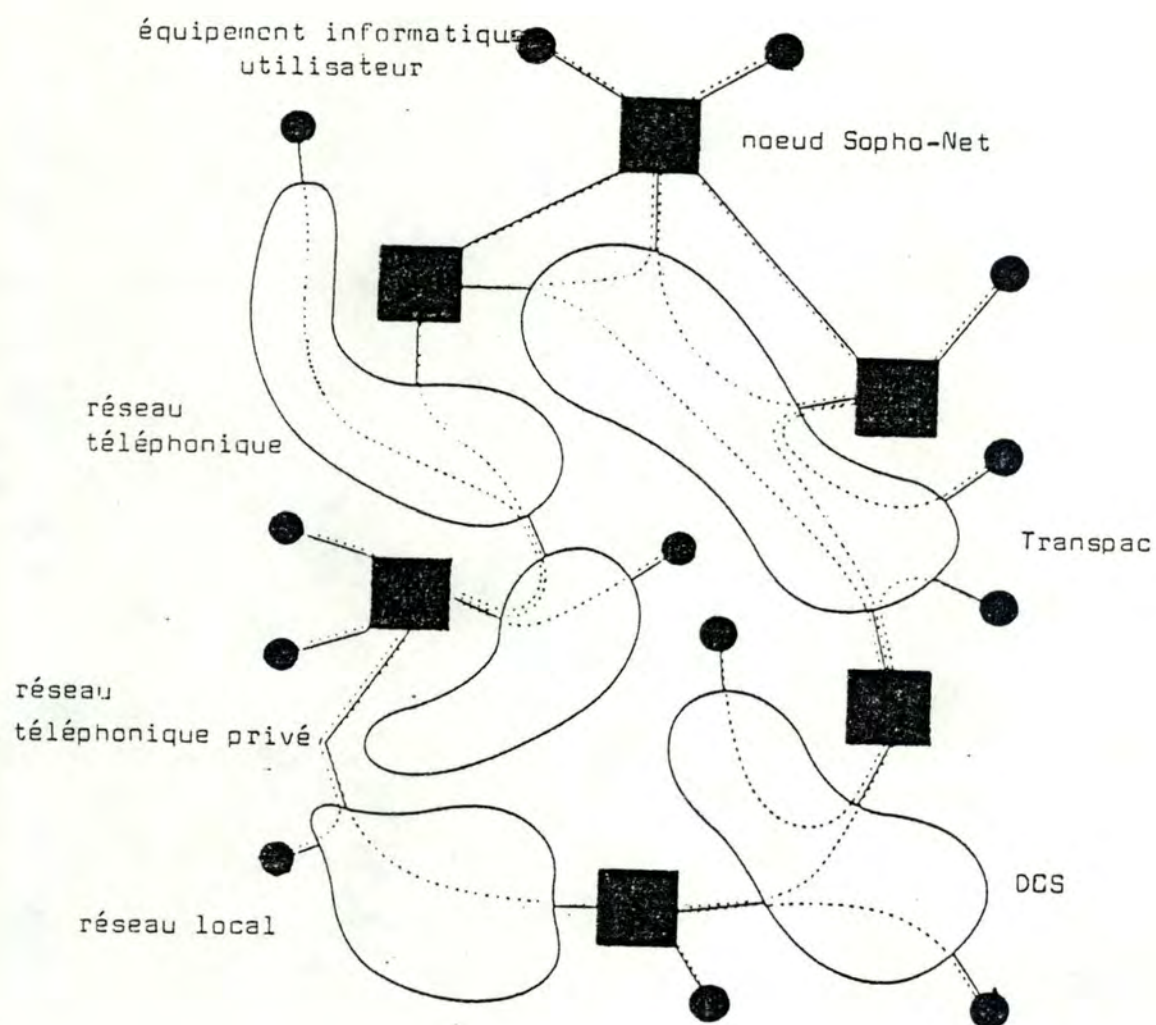


Figure 3.4. : Sopho-Net



## CHAPITRE 4. STRUCTURE DES SYSTEMES D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE

---

### 4.1. INTRODUCTION

Les quelques exemples du paragraphe précédent nous ont donné un aperçu de ce que sont les SID. Nous constatons qu'ils peuvent être de types très différents.

Le lecteur intéressé par une classification des SID pourra consulter [HEM], [Boo], [Boc]. Quant à nous, nous nous attacherons plus particulièrement à décrire la structure des SID.

Cette description revient à étudier la distribution des trois fonctions sur lesquelles se base tout SID. Ces 3 fonctions sont les fonctions de traitement, de stockage de données et de transport. Celles-ci sont distribuées sur les différents composants du système.

Toute distribution ou centralisation s'effectue selon les trois axes que forment les trois fonctions. Nous allons nous baser essentiellement sur les travaux de [Hem] pour exposer la structure des SID. Nous verrons successivement comment peuvent être distribuées les fonctions de traitement, de stockage et enfin de transmission.

### 4.2. DISTRIBUTION DES TRAITEMENTS

Il existe plusieurs manières de distribuer les traitements.

Nous présentons successivement :

- la distribution horizontale
- la distribution hiérarchique
- la distribution mixte

Nous donnerons ensuite quelques principes amenant à distribuer les traitements.

#### 4.2.1. DISTRIBUTION HORIZONTALE DES TRAITEMENTS

Le traitement est distribué horizontalement lorsqu'au moins deux composants logiquement équivalents sont interconnectés. Ce terme "logiquement équivalent" signifie qu'aucun des composants interconnectés n'a une position privilégiée par rapport à l'autre ou aux autres (cfr Fig. 4.1.).

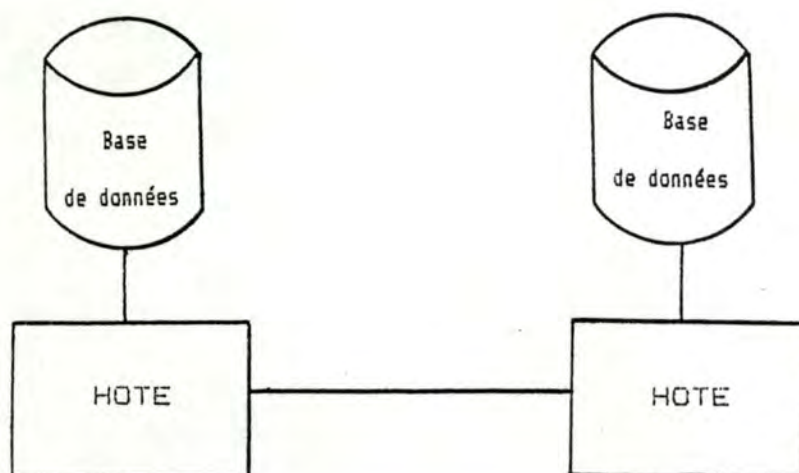


Figure 4.1. : Traitements distribués horizontalement

Les ordinateurs (hôte) sont interconnectés pour :

- 1) échanger les données nécessaires à produire des rapports globaux relatifs à tout le système.
- 2) répartir la charge de travail sur un certain nombre de processeurs afin d'assurer la meilleure utilisation des ressources des traitements.

Ce type de structure a pour origine l'interconnexion d'ordinateurs qui étaient autrefois indépendants.



#### 4.2.2. DISTRIBUTION HIERARCHIQUE DES TRAITEMENTS

Les différents composants du système sont structurés en hiérarchie. Le traitement est distribué verticalement parmi ces composants qui peuvent être de gros ordinateurs, des minis, des micros, des terminaux (Fig. 4.2.).

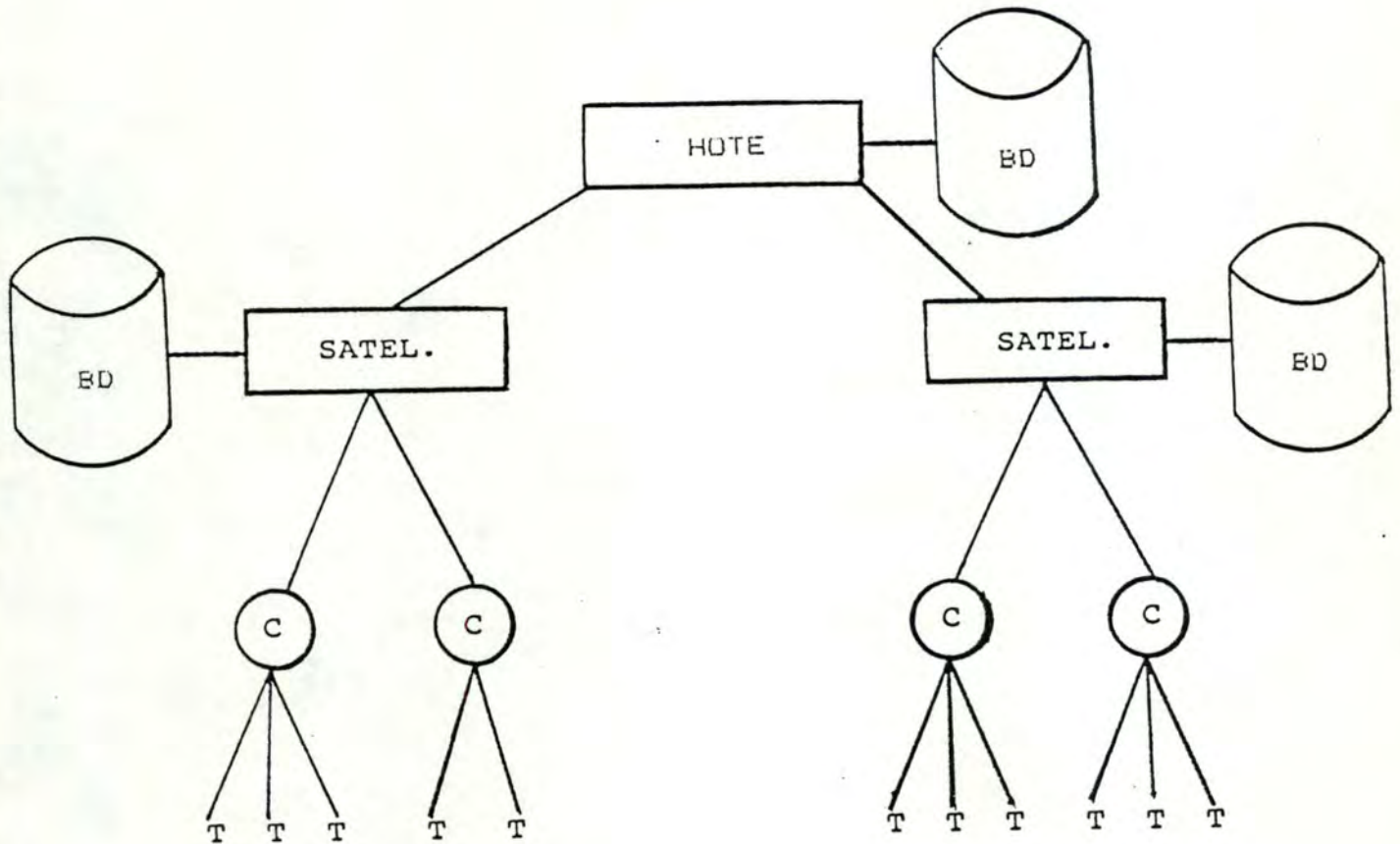
Le but fondamental d'une telle structure est double. Tout d'abord, elle vise à diminuer les coûts de communication entre l'hôte et ses utilisateurs. Ensuite, et ceci est propre à la distribution hiérarchique du traitement, elle vise à réduire la charge de l'ordinateur hôte et à assurer un service plus rapide à l'utilisateur. Afin d'atteindre ces objectifs, on diminue la capacité de traitement de l'ordinateur hôte au profit de terminaux intelligents ou de processeurs satellites plus proches des utilisateurs.

Les règles de base pour la répartition des traitements est de rapprocher au maximum :

- de l'utilisateur :
  - les fonctions souvent demandées et/ou réclamant un temps de réponse bref
  - les fonctions qui lui sont propres
- de la racine de l'arborescence :
  - les fonctions peu demandées et/ou dont le temps de réponse peut être long.

+ vers des terminaux

C'est ainsi que des traitements de validation de données par exemple, s'exécutant très souvent et réclamant un temps de réponse très bref, puisqu'il s'agit là de travail interactif, s'effectueront au niveau du satellite ou même au niveau des concentrateurs (cfr 1.3.).



C = concentrateur  
 T = terminaux  
 SATEL = satellite  
 BD = base de données

Figure 4.2. : Structure hiérarchique des traitements

#### 4.2.3. DISTRIBUTION MIXTE DES TRAITEMENTS

Il s'agit de systèmes combinant à la fois les distributions hiérarchiques et horizontales. A la figure 4.3., nous trouvons deux hiérarchies communiquant par la racine. Aucune des deux hiérarchies n'a une position privilégiée par rapport à l'autre.



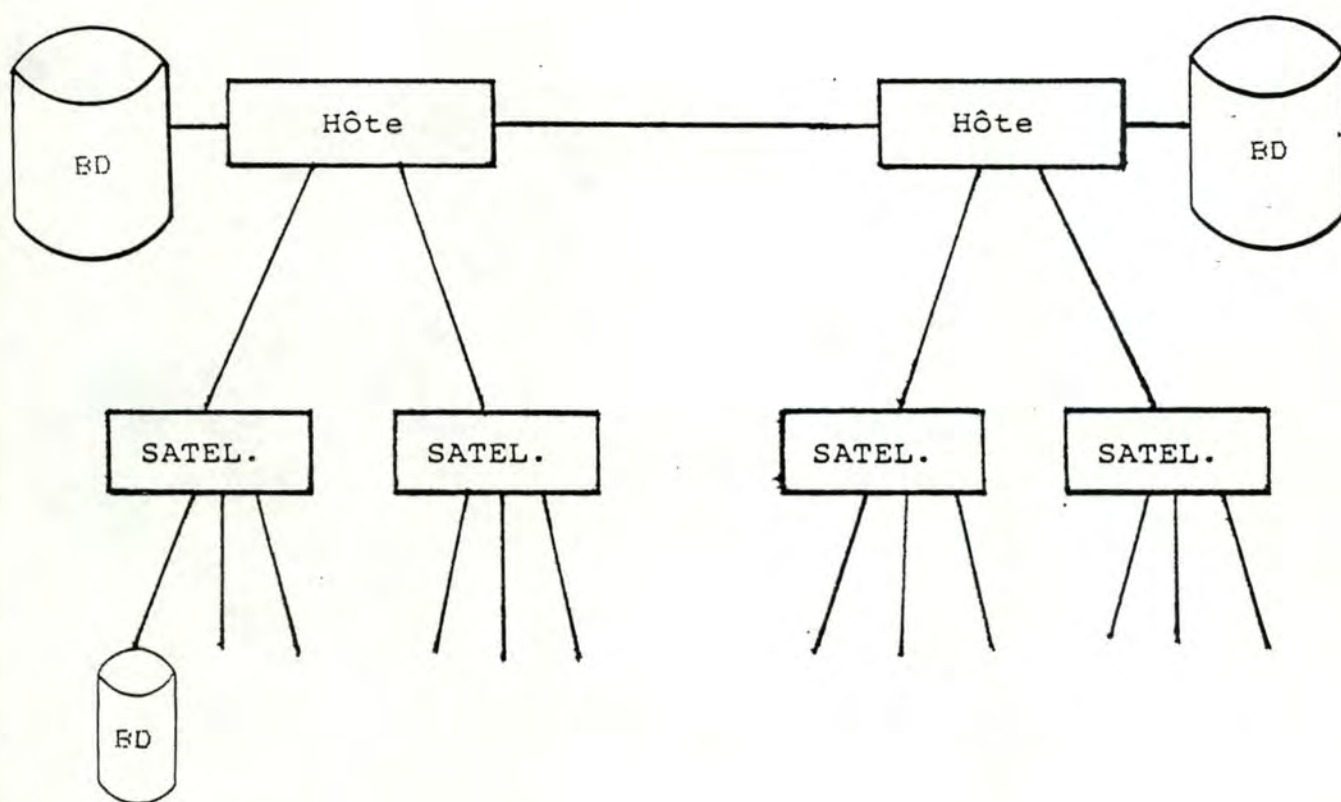


Figure 4.3. : Distribution mixte de traitement

#### 4.2.4. QUELQUES PRINCIPES POUR LA DISTRIBUTION DES TRAITEMENTS

[BOC] a proposé, pour la distribution des traitements les quelques principes suivants :

Un premier principe est d'effectuer le traitement là où se trouvent les données. Puisque les données sont introduites dans le système à différents endroits, cela signifie que le traitement de ces données est distribué. Un exemple de ce principe est la validation d'entrée près du terminal. Ce principe conduit à une réduction du trafic des communications des données.

Un deuxième principe est de répéter les traitements. Si le traitement doit être réalisé à plusieurs endroits différents, il est souvent aisé d'organiser le système de telle sorte que chaque centre de traitement puisse en remplacer un autre. Il est possible d'aboutir à une telle structure en interconnectant les différents centres de traitements. Ceci conduit à des systèmes très efficaces dont la principale caractéristique est la faible dégradation de la capacité de traitement dans le cas de panne d'un des éléments du système.

Un troisième principe qui peut être appliqué est la mise en oeuvre de systèmes dédiés. Plutôt que d'utiliser un système capable d'exécuter un grand nombre de tâches différentes, on conçoit un système distribué tel que chaque composant est spécialisé dans un domaine particulier. Ceci a comme avantage de simplifier la composition de chaque composant ce qui a comme conséquence de réduire les coûts de développement, de maintenance, de correction d'erreurs de software qui seraient dûs à la complexité des systèmes non dédiés. Par exemple, un système pourrait être composé d'un ordinateur assigné à la gestion d'une base de données, d'un ordinateur dédié aux entrées/sorties, etc...

#### 4.3. DISTRIBUTION DU STOCKAGE

Toute application informatique travaille sur des données. Lorsqu'on se trouve dans un contexte de SID, un problème surgit qui est de savoir comment ces données vont être distribuées.

On distingue deux manières fondamentales de distribuer le stockage des données :

- le partitionnement des bases de données.
- la répétition des bases de données.



#### 4.3.1. BASES DE DONNEES PARTITIONNEES

Une base de données est dite partitionnée (1) lorsqu'elle est divisée en sous-ensembles de données non redondants répartis chacun sur un site. Le partitionnement des bases de données suit la distribution des traitements. Il existe donc différentes façons de distribuer les données :

- a) le partitionnement géographique
- b) le partitionnement hiérarchique.

##### a) Le partitionnement géographique

Le partitionnement des données correspondant à une distribution horizontale des traitements (cfr 4.2.1.) est dite géographique (cfr figure 4.4.). Chaque site peut, sous réserve de confidentialité accéder aux données des autres sites.

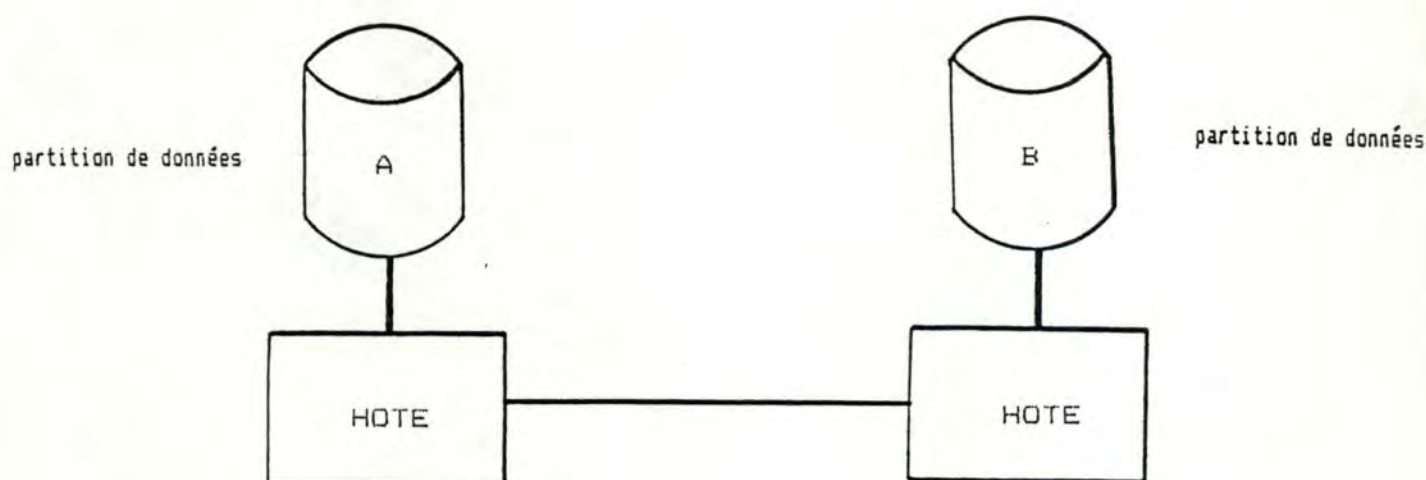


Figure 4.4. : Partitionnement géographique des données

---

(1) Il s'agit ici de partitions au sens mathématique du terme

### b) Le partitionnement hiérarchique

Le partitionnement des données correspondant à une distribution hiérarchique des traitements (cfr 4.2.2.) est dit hiérarchique (cfr figure 4.5.). Chaque site peut, sous réserve de confidentialité, accéder aux données des autres sites pour autant qu'il se trouve à un niveau hiérarchique différent.

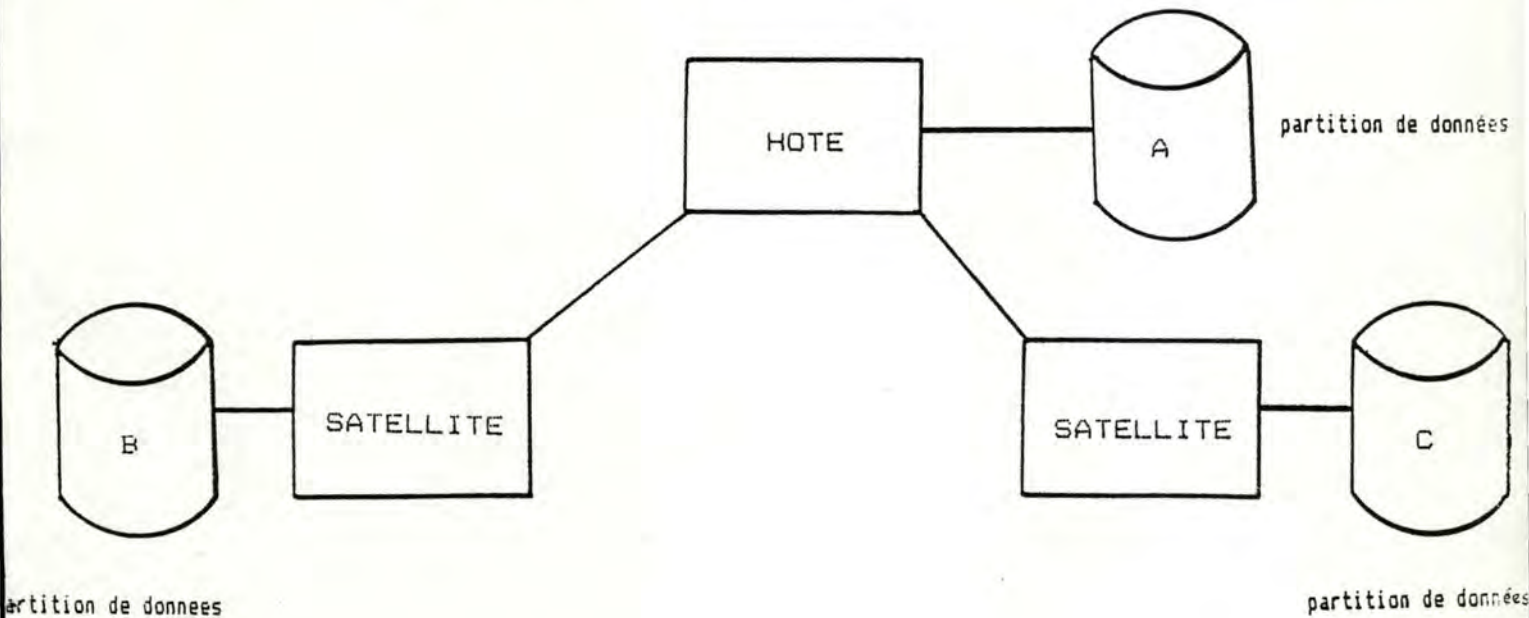


Figure 4.5. : Partitionnement hiérarchique des données

Quelques principes généraux pour le partitionnement des données peuvent être énoncés :

1. Un premier principe est que les données suivent les traitements qui sont généralement rapprochés de l'utilisateur et ce dans un objectif d'améliorer le service aux utilisateurs au niveau du temps de réponse.
2. Un deuxième principe est de partitionner la base de données géographiquement si la majorité des accès à chaque partition provient du site où la partition est implantée. Si ce n'était pas le cas, les coûts de trafic seraient très élevés.



3. Un troisième principe est de partitionner la base de données hiérarchiquement pour des raisons de sécurité et de confidentialité.

Sur la figure 4.5, la base de données est divisée en trois parties, l'une située au niveau de l'ordinateur hôte (A) et rassemblant les informations confidentielles, les deux autres au niveau des satellites (B et C).

Ce système empêche l'accès à la base de données (A) aux utilisateurs des satellites. Ceci a comme effet de limiter les problèmes de protection et de sécurité.

#### 4.3.2. BASES DE DONNEES REPETEES

Une base de donnée est dite répétée lorsque la totalité ou une partie de celle-ci est copiée à plusieurs endroits. Les avantages d'une telle méthode sont que les différentes copies servent de copies de sécurité et qu'il est possible de faciliter la protection des données confidentielles. Dans ce dernier cas, en effet, on attribue à chaque utilisateur les seules données qu'il a le droit d'utiliser.

Par contre, le problème fondamental de cette méthode est le problème de cohérence des différentes copies qui, à un moment donné, peuvent se trouver à différentes étapes de mises à jour.

On distingue à nouveau deux types de répétition :

- la répétition hiérarchique (a)
- la répétition horizontale (b)

a) Répétition hiérarchique des données

Sur la figure 4.6., l'ordinateur hôte dispose de la base de données entière tandis que les satellites disposent d'une copie de tout ou partie de la base de données. Les copies sont généralement toutes différentes en ce qui concerne les types d'informations qui y sont contenus puisqu'elles contiennent les données nécessaires au satellite auquel elles se rapportent.

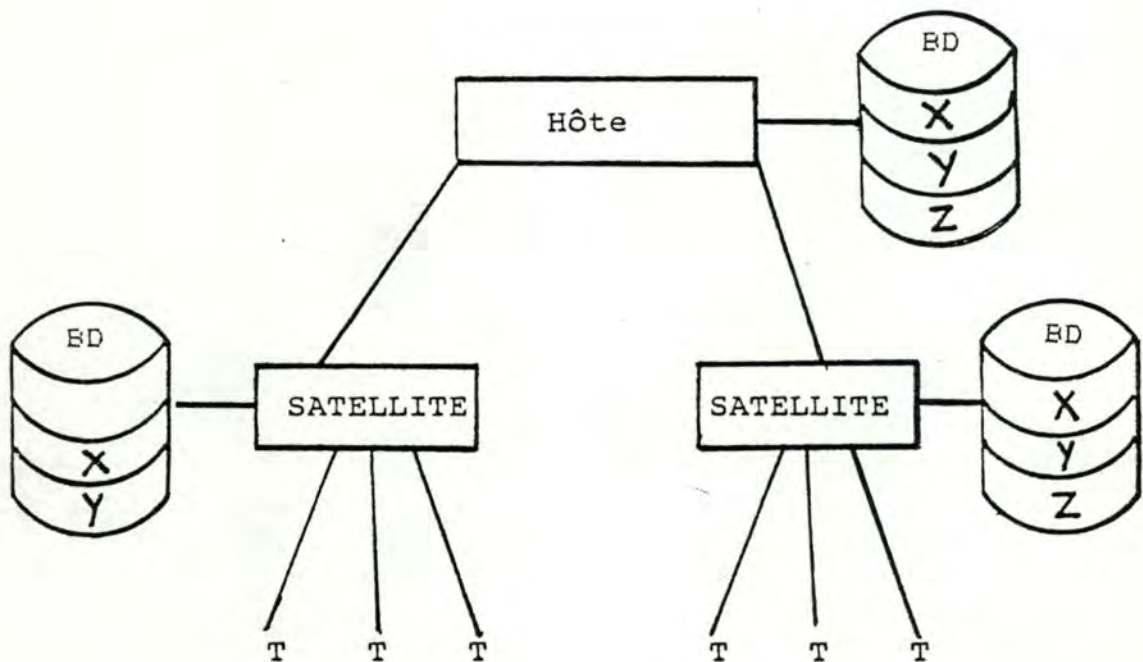


Figure 4.6. : Base de données répétée hiérarchiquement

b) Répétition horizontale des données

Il y a répétition horizontale des données si chaque hôte conserve les informations qui lui sont propres et des copies des données des autres sites qui lui sont nécessaires (cfr. Fig. 4.7.).



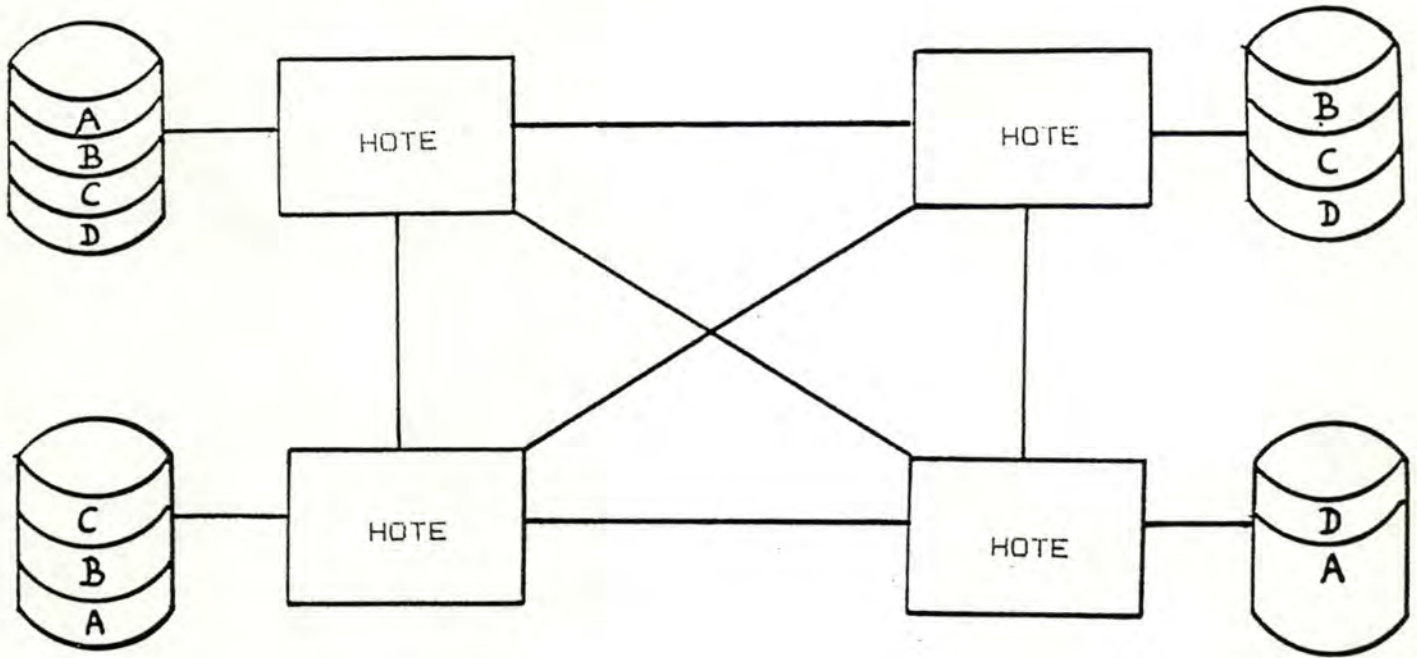


Figure 4.7. : Distribution horizontale des données

#### c) Répétition mixte

Les deux modes précédents de répétitions peuvent être combinés afin d'obtenir une distribution optimale en ce qui concerne la facilité d'accès et les coûts dûs aux transmissions de données.

#### 4.3.3. PRINCIPE

En général, les données qu'on ne modifie pas fréquemment sont répétées, ce qui permet de faciliter l'accès en provenance des différents sites. Les données subissant des modifications sont quant à elles partitionnées et situées à l'endroit où les traitements qui les requièrent sont les plus fréquents. Une répétition pour ces données demanderait un système de synchronisation des mises à jour très puissant.

#### 4.4. DISTRIBUTION DE LA TRANSMISSION

Tout système distribué est formé de composants interconnectés par un mécanisme de communication appelé réseau de transmission.

##### 4.4.1. TYPES DES RESEAUX DE TRANSMISSION

On peut distinguer deux types de réseaux

- a) les réseaux distribués sur une grande distance
- b) les réseaux distribués localement.

##### a) Réseaux distribués sur une grande distance

Ces réseaux permettent la connexion d'un ensemble d'équipements informatiques distribués sur une grande distance (supérieur au kilomètre).

##### b) Réseaux distribués localement

Les réseaux distribués localement (dit réseaux locaux) sont utilisés pour interconnecter des systèmes informatiques distant de l'ordre du kilomètre. Sur de telles distances, il est possible d'établir des lignes de transmission à haute vitesse (500 Kbits/s pour le réseau local HINET).

##### 4.4.2. STRUCTURES DES RESEAUX DE TRANSMISSION

Quel que soit le type de réseaux trois structures peuvent être dégagées :

- a) les réseaux hiérarchiques
- b) les réseaux maillés
- c) les réseaux en boucle.

##### a) Les réseaux hiérarchiques

On appelle réseau hiérarchique, un réseau dont les noeuds ont différents degrés de responsabilité. Les figures 4.8. et 4.9. présentent deux réseaux hiérarchiques.



Le réseau présenté à la figure 4.9. est également appelé réseau en étoile. Chaque noeud ne peut converser avec un autre noeud qu'au travers du noeud central ayant, outre ses fonctions propres, le rôle d'aiguilleur.

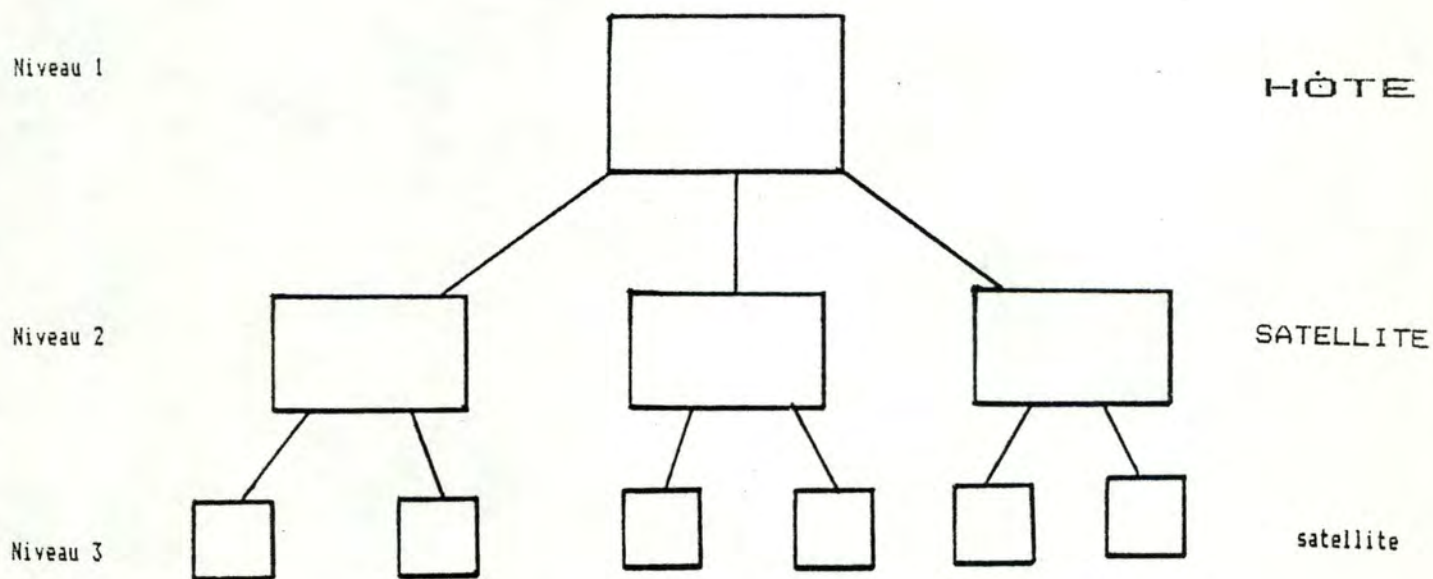


Figure 4.8. : Réseau hiérarchique à trois niveaux

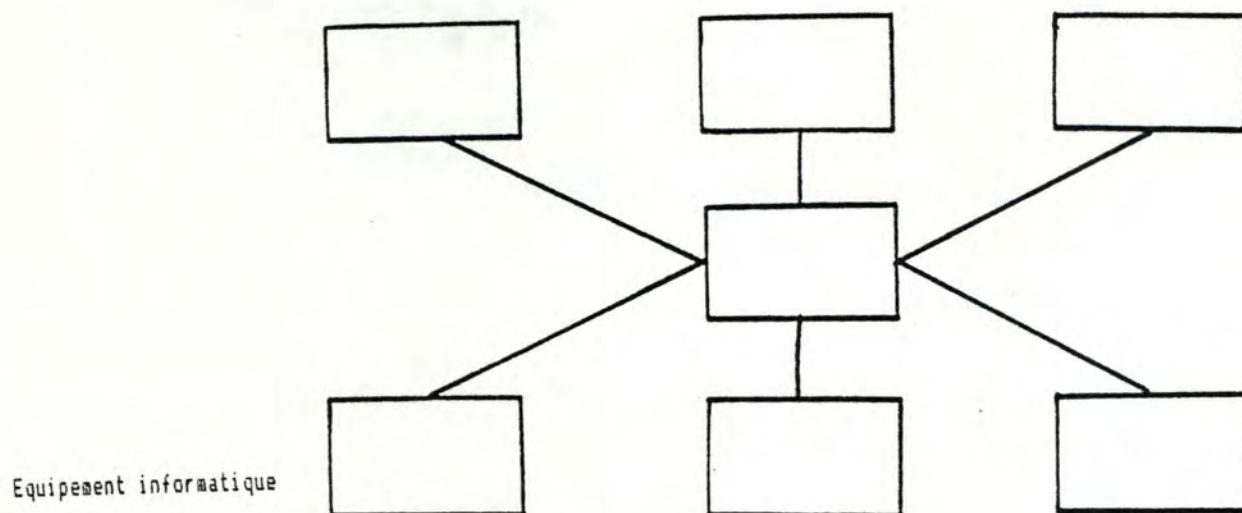


Figure 4.9. : Réseau en étoile

### b) Les réseaux maillés

Un réseau maillé est un réseau dont chacun des noeuds peut être connecté simultanément à plusieurs autres noeuds du réseau (cfr. Fig.4.10).

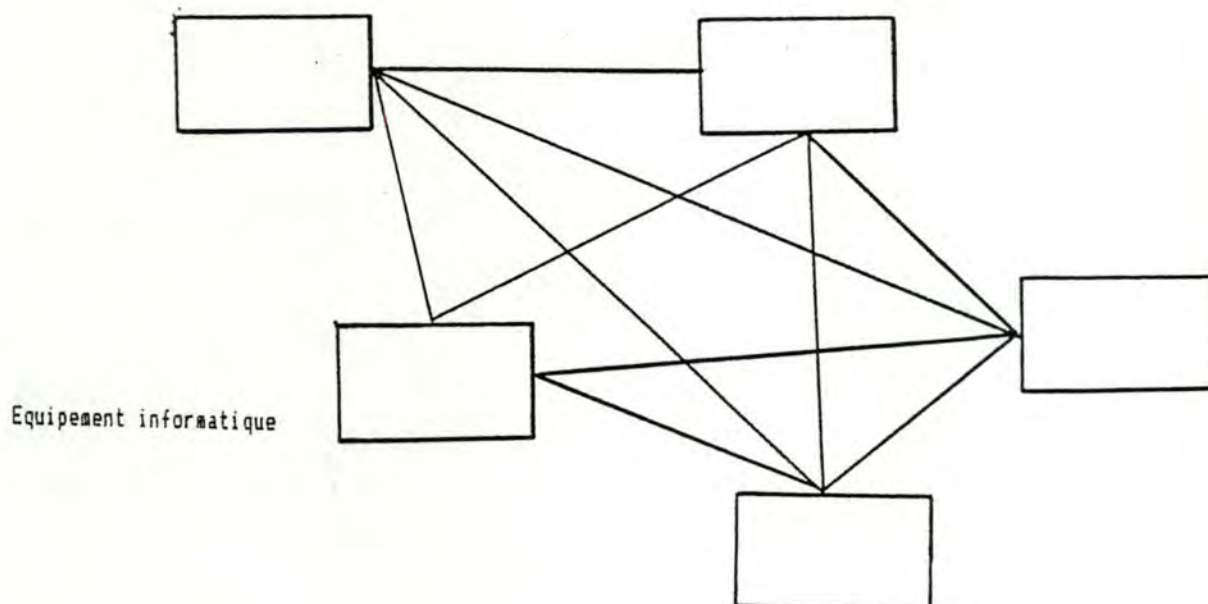


Figure 4.10. : Réseau maillé

Le désavantage de tels réseaux est que le nombre de liaisons devient trop important lorsque le nombre de composants s'accroît.

Si on a  $n$  noeuds, un réseau maillé complètement comptera

$$\frac{n(n-1)}{2} \text{ liaisons}$$

Cependant, par rapport à un réseau de type hiérarchique, un réseau maillé offre l'avantage de fournir plusieurs chemins de communication entre deux éléments du réseau, ce qui permet, en cas de panne de l'un des composants appartenant à un chemin, ou en cas de bris de lignes, ou en cas de saturation d'un chemin, de choisir une autre voie de communication.



c) Les réseaux en boucle

Un réseau en boucle est un réseau où chaque composant est relié à 2 autres (cfr. Fig. 4.11.). On l'appelle également réseau en anneau.

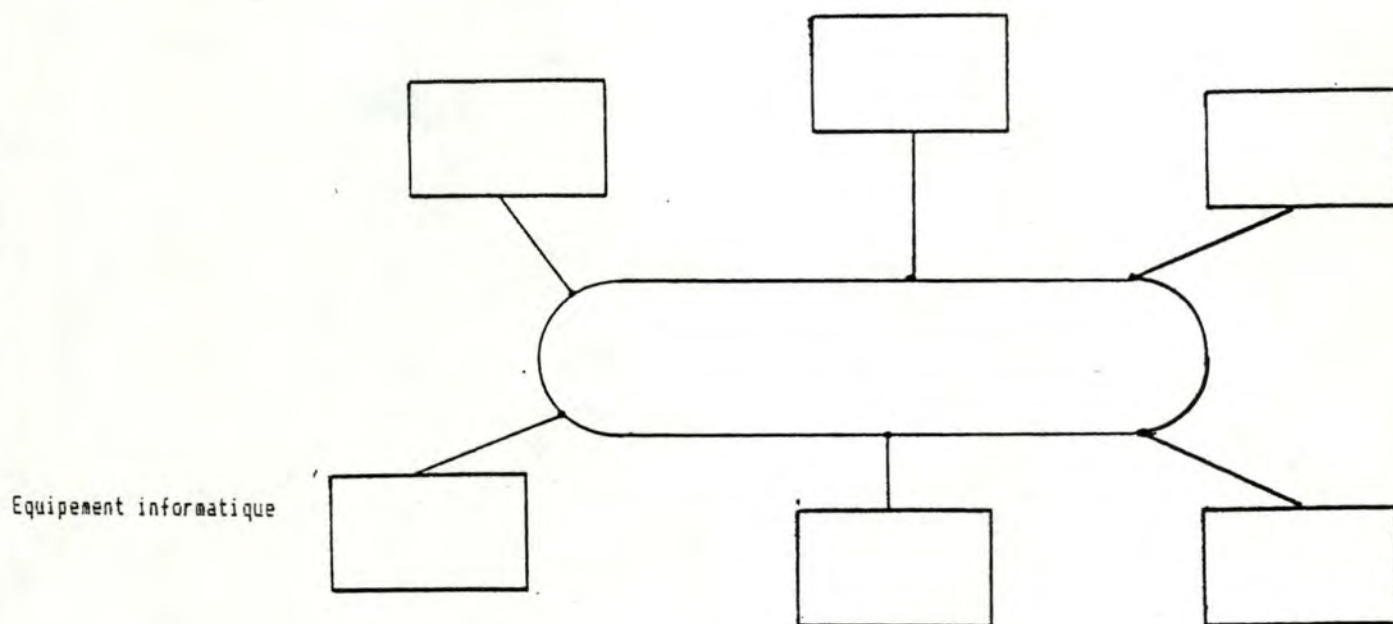


Figure 4.11. : Réseau en boucle

Ce type de réseau est en fait un réseau maillé simplifié.

d) Réalités

Dans la réalité, il est difficile de classifier les réseaux existants, car ils combinent généralement ces 3 types de topologies (cfr. Fig. 4.12.).

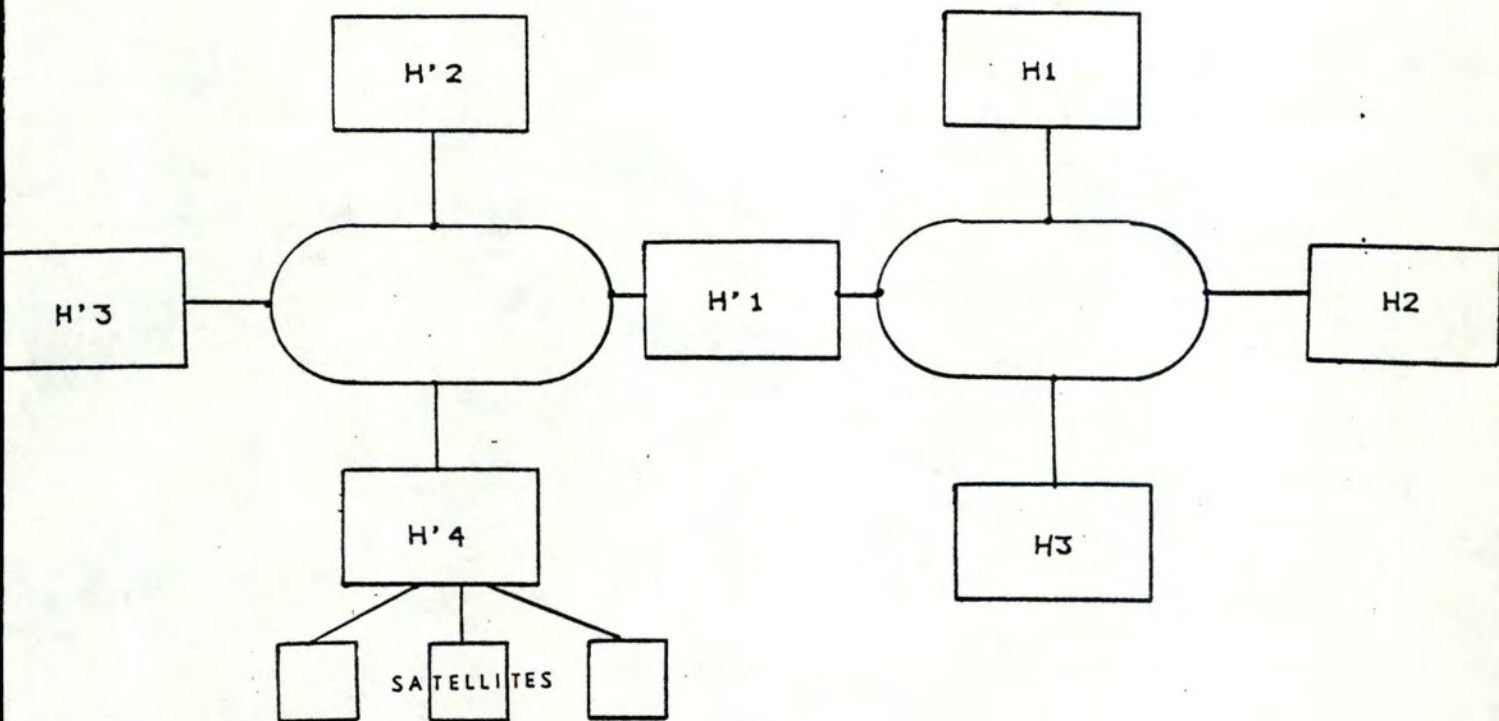


Figure 4.12. Réseau mixte

Ce réseau se compose :

- de deux boucles : (H'1, H'2, H'3, H'4)  
(H'1, H1, H2, H3)
- d'une hiérarchie H'4 avec 3 satellites



## CHAPITRE 5. ARGUMENTS EN FAVEUR DES SYSTEMES D'INFORMATIQUE DISTRIBUEE ET EN FAVEUR DES SYSTEMES INFORMATI- QUES CENTRAUX

---

A chaque système informatique correspond un ensemble d'arguments justifiant le choix de la centralisation ou de la distribution de celui-ci.

Nous présentons dans ce chapitre un certain nombre d'arguments en faveur et en défaveur de la distribution. Ceux-ci sont une synthèse de [BOU], [LEL], [MAR], [DON].

Ces arguments ont été ventilés en quatre classes :

1. arguments de coûts
2. arguments techniques
3. arguments attachés à la structure de l'organisation
4. arguments "politiques".

### 5.1. ARGUMENTS DE COUTS

#### 5.1.1. COUT DES PROCESSEURS

Arguments en faveur d'un SID.

- La baisse des coûts et l'accroissement des performances des processeurs (unité centrale) et des mémoires vives résultant des progrès des composants intégrés (cfr figure 5.1. et 5.2.) entraînent l'évolution des coûts pour chaque grande gamme d'ordinateurs présentée à la figure 5.3. La baisse des prix est plus sensible pour les micros et minis. Ceci est essentiellement dû à leur production en masse, mais aussi à leur cycle de développement plus court que celui des maxi-ordinateurs.

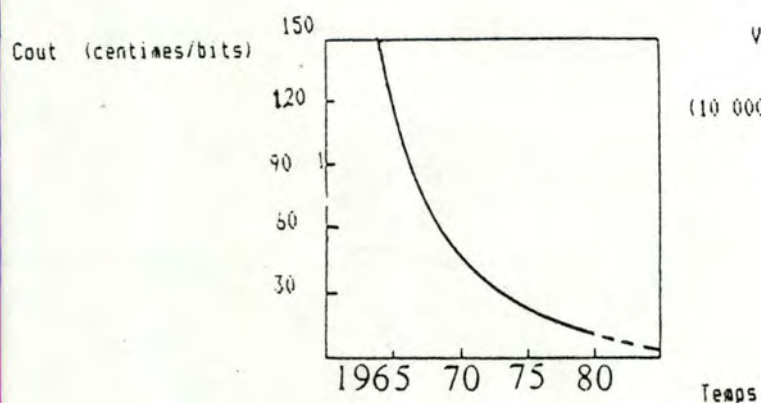


Figure 5.1.  
Coût des mémoires vives  
[CAR]

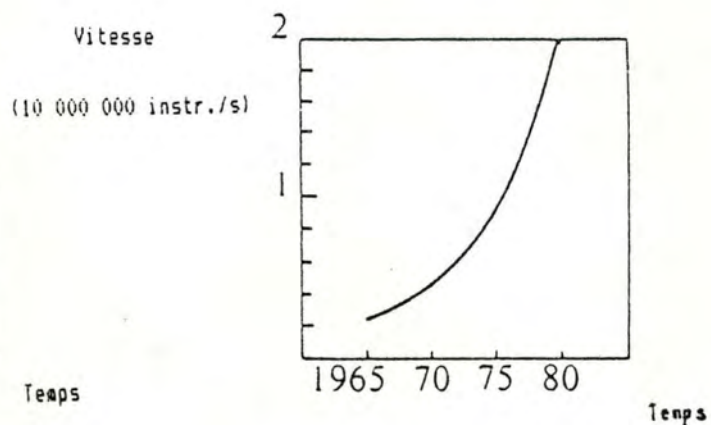


Figure 5.2.  
Vitesse des processeurs  
(unités centrales) [CAR]

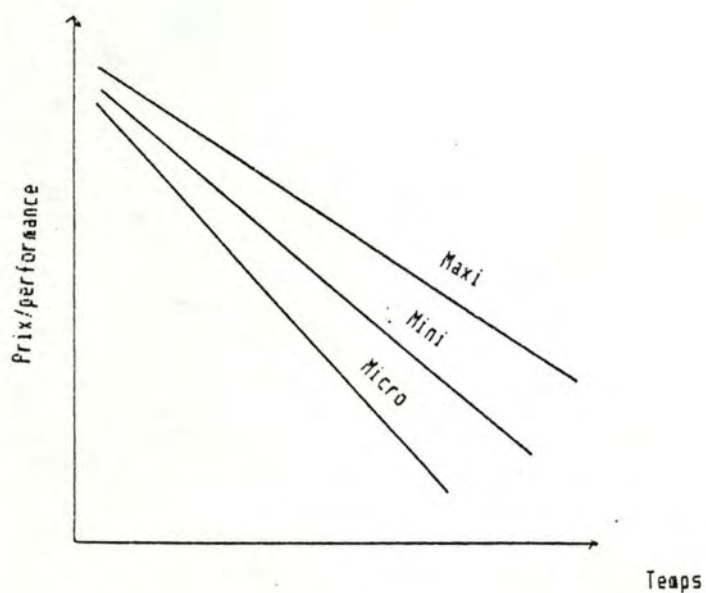


Figure 5.3. Evolution des prix des différents types  
d'ordinateurs [LOR] et [BBL]



Face à cette évolution, il est raisonnable de remettre en question la loi de GROSCH, affirmant que le coût par instruction machine exécutée était inversement proportionnel à la racine carrée de la taille de la machine. Le coût par instruction est, en effet, souvent moins cher pour un mini qu'un maxi. Ce rapport est encore vrai pour un micro face à un mini.

#### 5.1.2. COUTS DE STOCKAGE

Arguments en faveur d'un système d'information centralisé (SIC).

- Les économies d'échelle jouent au niveau du stockage des données : plus l'unité de stockage est importante, plus le coût au bit stocké est faible.
- La distribution des données peut demander de stocker des données identiques à plusieurs endroits (cfr 4.3.2.).

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- La centralisation des données peut occasionner des coûts de communication importants résultant des accès.

#### 5.1.3. COUTS DE TELECOMMUNICATION

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- La distribution peut diminuer sensiblement les coûts de transmission puisque les traitements locaux permettent de réduire la quantité d'informations envoyée sur les lignes.

#### 5.1.4. COUTS D'INSTALLATION

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- Les petits et moyens systèmes ne demandent pas un environnement très préparé (air conditionné, faux plancher...).
- Ces systèmes ne demandent pas d'équipe aussi spécialisée que pour un maxi.

#### 5.1.5. COUTS DE MAINTENANCE

Argument en faveur d'un S.I.D.

- Vu la dispersion des installations, les coûts de maintenance risquent d'être élevés.

#### 5.1.6. COUTS DE PERSONNEL

Argument en faveur d'un S.I.C.

- Un S.I.D. demande plus de matériel, de logiciel qu'un système centralisé, et par conséquent des opérateurs supplémentaires pour s'en occuper.

### 5.2. ARGUMENTS TECHNIQUES

#### 5.2.1. DISPONIBILITE

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- La défaillance d'un composant ne pénalise que les utilisateurs de celui-ci. La défaillance d'un moyen de communication a moins de conséquences puisqu'un traitement local existe. Les conséquences au niveau du système dépendront du degré d'interdépendance entre les différents sites.
- Dans un système centralisé, une application n'est pas toujours disponible pour tous les utilisateurs qui la désirent (files d'attente).

#### 5.2.2. TEMPS DE REPONSE

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- La localisation des traitements près des utilisateurs permet des temps de réponse plus courts.



### 5.2.3. DONNEES

Arguments en faveur d'un S.I.C.

- Les copies multiples peuvent ne pas être autorisées car elles demanderaient des mises à jour en temps réel.
- A l'heure actuelle, les problèmes posés par les bases de données partitionnées (cfr 4.3.1.) ne sont pas encore résolus.

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- Les structures de données sont plus simples puisqu'elles sont limitées aux applications locales.
- Les données qui ne sont utilisées que par un site sont localisées dans celui-ci

### 5.2.4. SECURITE

Argument en faveur d'un S.I.C.

- La dispersion géographique des unités de traitement et/ou de stockage peut poser des problèmes de sécurité et de confidentialité. La centralisation peut simplifier ces problèmes.

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- Un manque de sécurité dans un site n'entraîne aucune conséquence pour les autres sites. Ce n'est pas le cas dans un système informatique central où tout le système sera concerné.
- La localisation des traitements et des données entraîne une responsabilité locale pour ceux-ci.

#### 5.2.5. VOLUME DE TRAVAIL

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- Le volume de travail peut être trop important pour être assuré par des systèmes centralisés (non distribués).

Il est à remarquer qu'une instruction d'application exécutée demande l'exécution d'un certain nombre d'instructions du logiciel de la machine. Vu la complexité des logiciels des grosses machines, ce nombre d'instructions exécutées est beaucoup plus important que pour des minis et micros. Malgré la rapidité d'exécution des maxis, lorsque le nombre d'applications à réaliser simultanément est important, le temps de réponse devient mauvais.

#### 5.2.6. LOGICIEL DE BASE

Arguments en faveur d'un S.I.C.

- Les gros systèmes disposent de logiciels puissants offrant un nombre important de possibilités.
- Beaucoup de logiciels existent pour des systèmes centralisés.

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- Les logiciels des ordinateurs locaux sont souvent plus simples que ceux d'un S.I.C.

#### 5.2.7. LOGICIEL D'APPLICATION

Arguments en faveur d'un S.I.C.

- Les gros systèmes centralisés offrent plus de possibilités facilitant la programmation des applications.



Arguments en faveur d'un S.I.D.

- Les applications à réaliser sont plus simples puisqu'elles ne concernent plus qu'un nombre restreint d'utilisateurs.
- Le développement de ces applications est plus rapide.
- Les modifications de celles-ci sont plus rapides.

#### 5.2.8. COMPLEXITE DE LA STRUCTURE DU SYSTEME INFORMATIQUE

Arguments en faveur d'un S.I.C.

- On pourrait croire qu'un S.I.D., basé sur des composants simples à réaliser, est lui même simple à implémenter. Cette croyance est à rejeter. La structure du S.I.D. risque d'être très complexe en raison de l'interconnexion de ces composants "simples". La centralisation permet d'éviter tous les problèmes d'incompatibilité.

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- Hormis les problèmes de connexion et de coordination, un S.I.D. permet de rajouter ou de modifier des sites locaux sans devoir concevoir à nouveau la totalité du système.

#### 5.3. ARGUMENTS ATTACHES A LA STRUCTURE DE L'ORGANISATION

Les entreprises qui ont une structure décentralisée vont entrevoir la solution d'un système informatique centralisé avec beaucoup de réticence. Une distorsion artificielle entre la structure de l'organisation et l'architecture du système informatique peut entraîner de grosses difficultés qui peuvent avoir des préjudices à la fois organisationnels et financiers.

On peut généralement décomposer les applications à implémenter sur un système informatique en sous-ensembles relativement indépendants, tels que les interactions entre éléments d'un sous-ensemble soient plus fréquentes que les interactions entre sous-ensembles distincts. Cette découpe permet de localiser les traitements des applications.

Dans la mesure où la technologie le permet, à un coût acceptable, il est naturel de calquer la structure d'un système informatique sur celle de l'application qu'elle traite et par conséquent à l'organisation.

"Experience of successful organizations shows that the computer structure should fit the organization and not that the organization fit the computer structure" (Harold Lorin [LOR]).

#### 5.4. ARGUMENTS "POLITIQUES"

##### 5.4.1. AUTORITE

Argument en faveur d'un S.I.C.

Le choix d'un S.I.C. peut être influencé par la volonté de garder un contrôle central de toute l'information et de son traitement.

Arguments en faveur d'un S.I.D.

- On veut donner une plus grande autonomie aux sites locaux au niveau du traitement et/ou du stockage de l'information.
- Si le système était composé d'unités existantes autonomes, un S.I.D. peut permettre d'améliorer le contrôle de toutes ces unités.

##### 5.4.2. COUT

Argument en faveur d'un S.I.C.

On a une vue globale des coûts du système.

Argument en faveur d'un S.I.D.

Les sites locaux peuvent mieux comprendre les coûts car ils peuvent être directement justifiés au niveau de chaque site local.



DEUXIEME PARTIE

DEMARCHE METHODOLOGIQUE GENERALE  
DE CONCEPTION DE S.I.D.

## CHAPITRE 6. PROBLEMATIQUE

---

Les problèmes de conception sont omniprésents dans les systèmes informatiques. Dès le moment où le système informatique fait intervenir un SID, de nouveaux problèmes de conception apparaissent. En effet, dans la première partie de cet ouvrage, nous avons montré la grande diversité des SID, ainsi que leurs avantages et inconvénients. Ceci élargit par conséquent l'éventail des solutions possibles. Dès lors, il n'est pas aisé pour le concepteur de découvrir celle qui sera la mieux adaptée à son problème. Il est indispensable pour celui-ci de pouvoir sélectionner une solution qui permette de disposer du maximum d'avantages apportés par les SID et d'atténuer au maximum les effets causés par leurs désavantages.

Cette problématique touchant les organes vitaux de l'entreprise que sont son organisation et son budget, il apparaît indispensable que le concepteur dispose de moyens bien définis visant à aboutir à cette solution.

Le concepteur est amené à se poser un ensemble de questions.

Question 1 : Comment cerner les problèmes que l'entreprise veut résoudre ?

Question 2 : Quels objectifs le nouveau système devra-t-il atteindre ?

Question 3 : Comment justifier l'utilisation d'un SID ? Quels sont les bénéfices apportés dans le cas considéré par la distribution d'un SID en terme de fiabilité, de coût, de meilleure convenance à l'utilisation ?

Question 4 : Comment trouver une solution répondant aux exigences ? Comment distribuer les fonctions de stockage, de traitement et de transmission en tenant compte des contraintes émanant de l'environnement dans lequel le système devra vivre ?

Question 5 : Comment choisir le matériel adéquat (ordinateurs, type de terminaux, imprimante, etc...)



Nous aiderons le concepteur à répondre aux quatre premières questions en lui proposant une démarche à suivre permettant d'aboutir à un système performant. Cette démarche sera valable

- pour l'entreprise disposant d'un service informatique et réalise le logiciel d'application et le calcul de configuration,
- ainsi que pour l'entreprise ne disposant pas de service informatique et désirant un système clé sur porte.

La question 5 ne sera pas abordée dans le cadre de ce mémoire car elle exigerait à elle seule une étude très approfondie.

Essayons au préalable de localiser la démarche dans le cycle de vie d'un projet informatique. Il sera nécessaire également de présenter un ensemble de notions dont la connaissance sera indispensable à la bonne compréhension de la suite de l'ouvrage.

## CHAPITRE 7. LOCALISATION DE LA DEMARCHE DANS LE CYCLE DE VIE D'UN PROJET INFORMATIQUE

---

Le cycle de vie d'un projet informatique peut être représenté en niveaux de conception [BOD2] (cfr. figure 7.1.). Chaque niveau propose une représentation particulière du système d'information (1) envisagé et fournit une solution précise et complète dans le cadre de la représentation envisagée.

Les niveaux de conception sont :

- le niveau conceptuel,
- le niveau logique,
- le niveau physique.

Au niveau conceptuel, on définit des spécifications de données et de traitements indépendamment des moyens - humains, organisationnels et techniques - de réalisation et des choix relatifs à l'organisation de ces moyens. Ce niveau se compose d'une analyse conceptuelle qui engendrera une solution conceptuelle.

Afin de représenter les données et les traitements d'un système d'information, nous disposons d'un ensemble de modèles. Un modèle est une représentation selon un ensemble de règles, du réel perçu.

---

(1) "Un système d'information est un support informationnel des comportements organisationnels, formé

- d'informations, représentations -partielles- de faits qui intéressent l'organisation,
- de traitements, de procédés d'acquisition, de mémorisation, de recherche, de communication et de transformation,
- de ressources - humaines, techniques et organisationnelles - qui en assurent le fonctionnement." [BOD1]



Il s'agit de modèles :

- de structuration des informations
- de structuration des traitements
- de la dynamique des traitements
- de la statique des traitements
- de ressources.

Nous nous référerons dans la suite de cet ouvrage aux modèles exposés dans [BOD1]. Les lecteurs non initiés à ces modèles sont invités à s'y référer.

Présentons les brièvement.

- Le modèle de la structuration des informations sert à définir la sémantique des données appartenant à la mémoire du système d'information. La structuration des informations porte notamment sur la définition des données et des relations entre celles-ci, sur l'analyse de leurs conditions d'existence et des valeurs qu'elles peuvent prendre. Ce modèle est aussi utilisé pour définir les messages qui véhiculent les informations.
- Le modèle de structuration des traitements doit permettre la décomposition, par raffinements successifs, d'un traitement global en traitements de plus en plus élémentaires.
- Le modèle de la dynamique des traitements complète le modèle de structuration des traitements en permettant de décrire les enchaînements entre ceux-ci.
- Le modèle de la statique des traitements a pour but
  - d'une part, de préciser pour un traitement donné les messages-données et la partie de la mémoire du SI nécessaires à l'obtention des messages-résultats,
  - d'autre part, de spécifier, sous une forme adéquate, la procédure de traitement qui assure la transformation, à l'aide de la mémoire du SI, des messages-données en messages-résultats



- Le modèle des ressources sert à caractériser les comportements des processeurs (1) qui exécutent les procédures de traitement. Ce dernier modèle sera notamment utilisé pour spécifier les modalités d'utilisation des ressources telles que les services, les hommes, les équipements et les moyens financiers ainsi que pour caractériser les capacités d'activité des processeurs et leur calendrier de responsabilité.

Nous avons choisi ces modèles, car ils constituent la base sur laquelle repose un outil d'aide à la conception de SI appelé IDA, auquel nous nous référerons ultérieurement.

Voici les idées maîtresses de cet outil.

On met à la disposition de l'analyste un langage de description DSL (Dynamic specification language) lui permettant d'exprimer ses solutions à partir des concepts appartenant aux modèles proposés ci-dessus.

Les éléments de la solution (données, traitements, ressources...) sont enregistrés dans une base de données (appelée \*Base de données de Spécification).

Compte tenu de ces informations, l'outil automatisé va permettre à l'analyste :

- d'introduire ou de modifier la description de sa solution dans la base de données;
- d'obtenir, pour les communiquer aux différentes personnes impliquées avec lui dans le projet, des rapports documentaires présentant sous des formes variées différents aspects de la solution décrite;
- d'effectuer automatiquement certains contrôles de cohérence à l'aide notamment d'un langage d'interrogation de haut niveau;

---

(1) On appelle Processeur une ressource réutilisable qui peut être requise lors de l'exécution d'un traitement; par réutilisable, on entend toute ressource qui, dès qu'est terminé le traitement pour lequel elle a été requise, est disponible pour un autre traitement.



- de générer automatiquement un programme de simulation pour évaluer le caractère réalisable de la solution décrite par rapport aux ressources à mettre en oeuvre et éventuellement tester de façon expérimentale l'impact de différentes hypothèses de fonctionnement;
- de générer automatiquement une maquette programmée ou prototype du futur système pour vérifier la conformité ou le caractère effectif des spécifications en favorisant une perception directe par les demandeurs ou futurs utilisateurs du système de ce qu'ils souhaitent obtenir.

De plus amples renseignements concernant des possibilités de IDA peuvent être également trouvés dans [BOD1].

Au niveau logique, tout en respectant la sémantique des spécifications du niveau conceptuel, la solution conceptuelle sera transformée en une solution logique par la prise en considération des caractéristiques logiques des moyens de réalisation (les règles de traitement deviennent des algorithmes, les structures de données fournies par le niveau conceptuel sont transformées en structure d'accès logique, etc)

Au niveau physique, tout en conservant la sémantique des spécifications du niveau logique, la solution logique sera transformée en une solution exécutable par la prise en considération des caractéristiques des logiciels, des matériels...

Avant ces 3 niveaux de conception, une étude d'opportunité sera réalisée. L'objectif de celle-ci est de proposer un avant-projet (solution globale) qui sera une expression des besoins de l'organisation sous forme d'objectifs à atteindre et de contraintes à respecter, mais qui sera également une ébauche de la solution retenue, des efficacités attendues, des moyens exigés.

L'étude d'opportunité et l'analyse conceptuelle constitue l'analyse fonctionnelle du projet [BOD1].

Les deux démarches présentées dans la suite de l'ouvrage, à savoir la démarche qui a été suivie dans le cadre du cas pratique développé à la Fabrique Nationale (cfr. chapitre 8) et la démarche méthodologique générale théorique que nous nous proposons de développer (cfr. chapitre 9) couvriront l'analyse fonctionnelle d'un projet informatique pouvant faire intervenir un SID.

Les niveaux de conception logique et physique ne feront pas l'objet d'une étude approfondie ici. Par la suite nous parlerons de l'étape de "réalisation du système" pour caractériser les étapes appartenant à ces 2 niveaux.

Nous disposons à présent des éléments indispensables nous permettant de définir les termes "démarche méthodologique".

Par démarche méthodologique, nous entendons une ligne de conduite permettant de fournir un environnement favorable à la conception d'un système d'information. Cet environnement se composera :

- de modèles; (cfr. supra)
- d'outils automatisés; (cfr. supra)
- de règles de mise en oeuvre des modèles et outils.



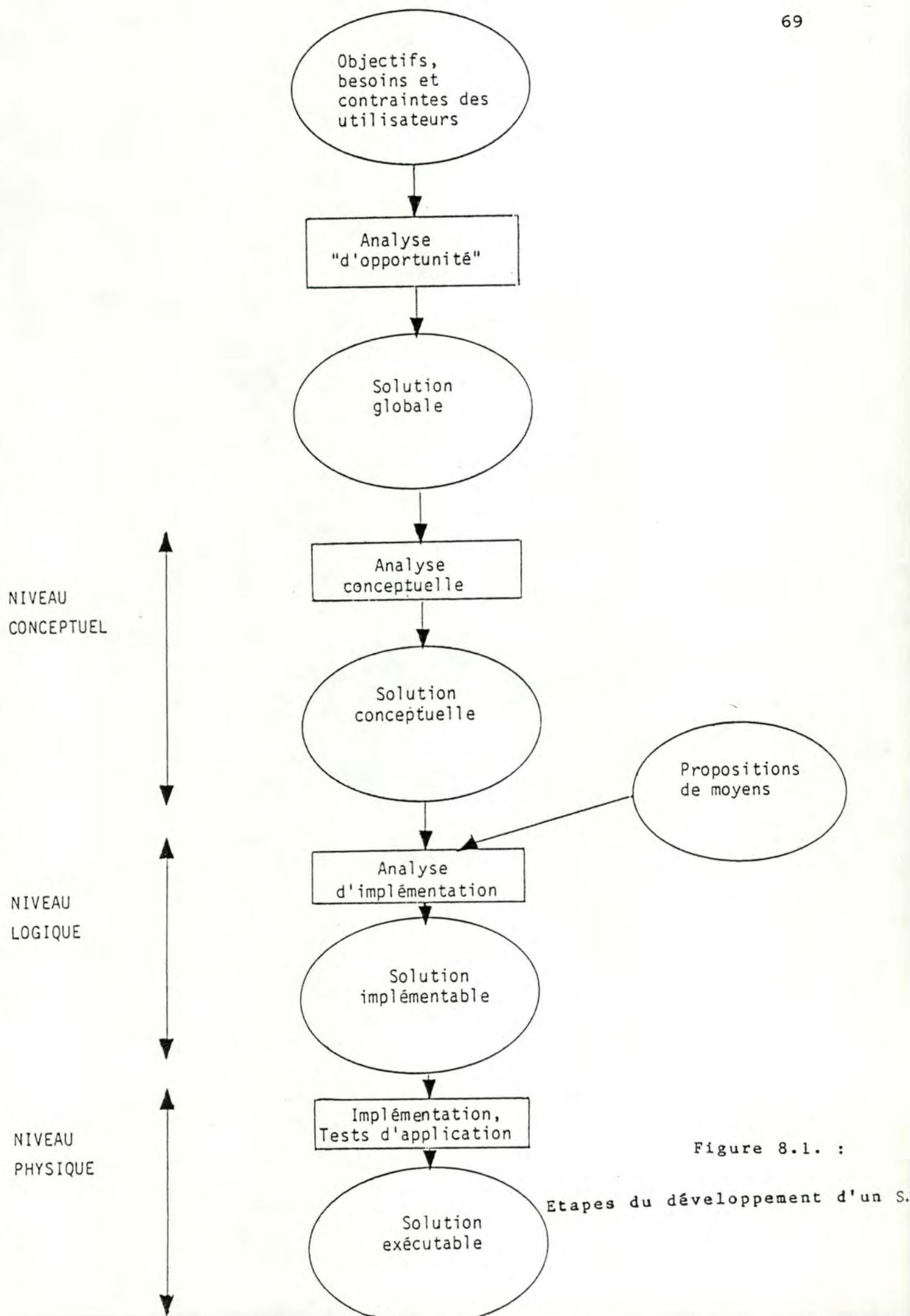


Figure 8.1. :

Etapes du développement d'un S.

## CHAPITRE 8. CAS PRATIQUE : INTERCONSULTATION DES STOCKS DU GROUPE BROWNING

---

### 8.1. PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROJET

#### 8.1.1. PRESENTATION DE LA FABRIQUE NATIONALE (FN) ET DU GROUPE BROWNING

##### 8.1.1.1. FN en général - Structure de la FN

La FN est composée de 5 grandes divisions de production : (cfr figure 8.1.)

- BDS : Branche Défense et Sécurité
- DM : Division FN Moteurs
- DF : Division FN Formétal
- FNY : Division FN Industry
- DB : Division Browning

Le cas pratique développé par la suite, aura comme cadre général la DB qui, en elle-même, constitue un groupe.

##### 8.1.1.2. Le Groupe Browning - Structure du groupe

La raison d'être du Groupe Browning est la fabrication et la distribution d'articles de sport. Il propose des armes de chasse, des munitions, des articles de pêche, des planches à voiles, etc...

Nous observons, grâce à la fig. 8.2, que le Groupe Browning est structuré en :



Figure 8.1. Organigramme de la FN

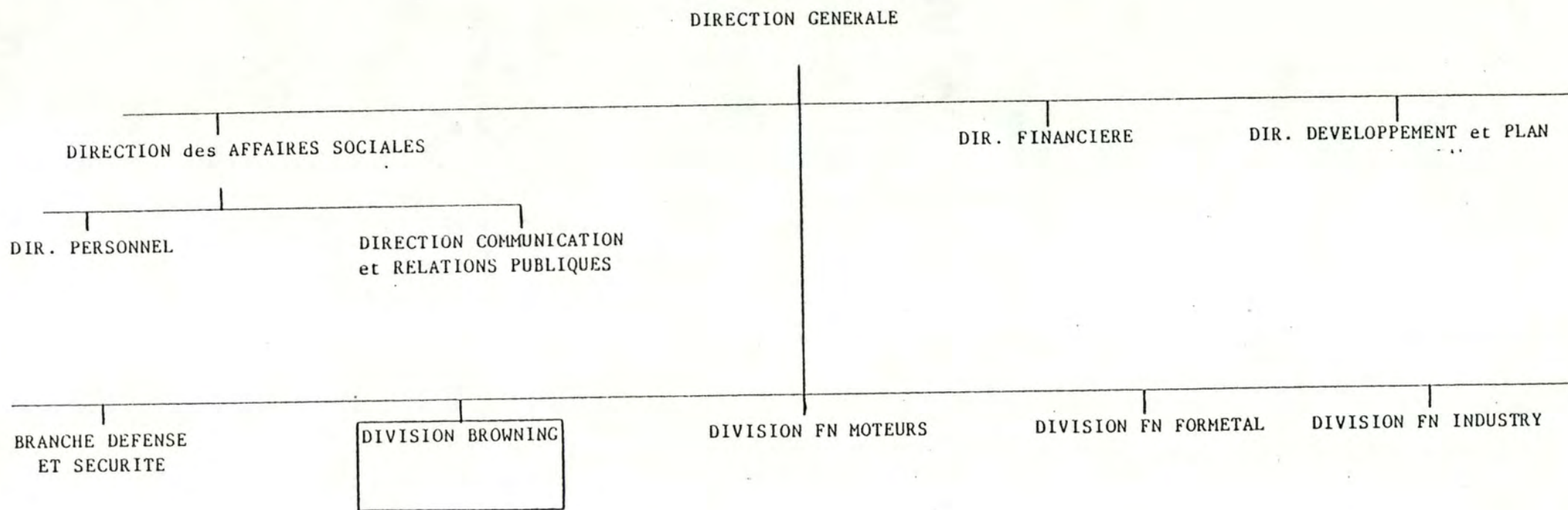
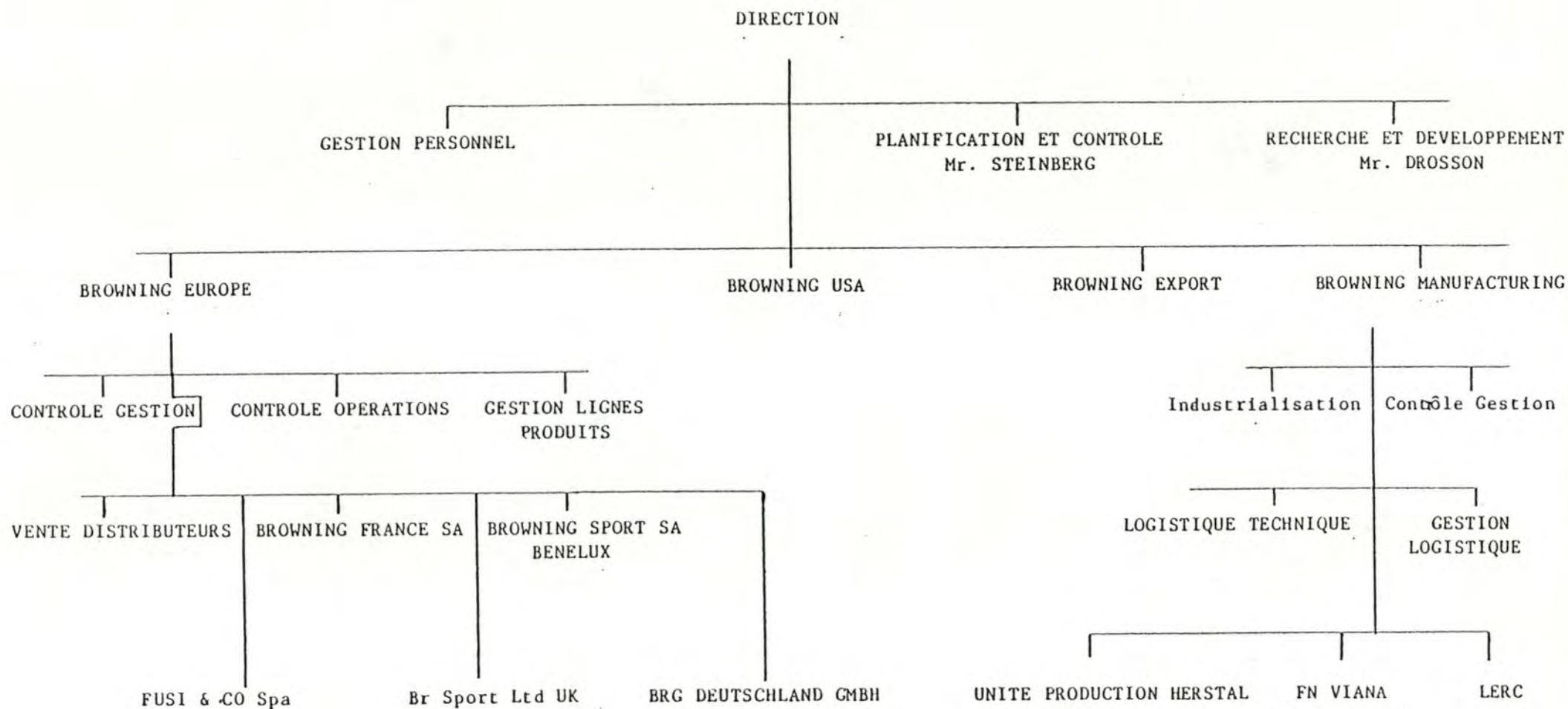


Figure 8.2. Organigramme du Groupe Browning





- Un corporate (1)
- 3 zones commerciales :
  - . Browning Europe concernant la Grande-Bretagne, l'Italie, la France, le Benelux, l'Allemagne, l'Europe de l'Ouest.
  - . Browning US concernant les Etats-Unis.
  - . Browning export traitant avec le reste du monde non compris dans les 2 zones précédentes.
- Une zone manufacturing : production  
logistique

Le Corporate du Groupe et les Corporates des zones, excepté Browning US, sont situés au siège principal à Herstal. Il en est de même pour l'équipe de logistique et une partie de la production.

Browning Europe compte 5 filiales de distribution :

- . Browning Sport à Alleur (Belgique)
- . Browning à Fresnes (France)
- . Browning UK à Milton (près de Londres)
- . Browning Sport GmbH a Munich
- . Fusi à Milan.

Ces filiales sont alimentées en produits FN essentiellement par la logistique de Herstal.

Browning Manufacturing compte deux filiales :

- . FN Viana à Viana (Portugal) : filiale de production
- . Lerc à Valenciennes : filiale de production et de distribution.

---

(1) Un corporate est un ensemble de personnes assurant la direction d'une entité de l'entreprise. L'entreprise tout entière ou une partie de celle-ci peut constituer une entité.

Browning U.S. compte également un certain nombre de filiales, soit de distribution, soit de production, soit mixtes, mais vu l'organisation informatique centralisée de la zone, elle sera considérée comme une seule unité, située à Morgan (Utah)

8.1.1.3. Situation actuelle de la gestion dans le groupe Browning

Actuellement, chaque unité opérationnelle (UO (1)) est équipée d'un système informatique propre et autonome, sauf FN Viana qui n'est pas encore informatisée.

Les systèmes supportent des applications assurant la gestion des commandes clients, la tenue des stocks, la réalisation du plan comptable et parfois la gestion des ordres aux fournisseurs ainsi que la gestion des stocks.

8.1.1.4. Situation actuelle du matériel

Dans le tableau suivant (figure 8.3) on trouvera les matériels opérationnels lors de l'étude du cas pratique.

---

(1) Par unité opérationnelle, nous comprenons les 5 filiales de Browning Europe, les 2 filiales de Browning Manufacturing, Browning US et la logistique de Herstal.



UNITE OPERATIONNELLE	LOCALISATION	MATERIEL	FOURNISSEUR
D.B.	Herstal	1 TI 990/12 1 console Dec Writer 3 apple IIe	CIGL LIEGE Terminal Mart CECOTEPE LIEGE
Browning Sport	Alleur	1 TI 990/10	CIGL LIEGE
Fusi	Milan	1 TI 990/10	TI MILAN (CIG Liège)
Browning France	Fresnes	1 Nixdorf 8870/3	NIXDORF FRANCE Paris
Browning UK	Milton	1 Data General	DATA GENERAL Londres
Browning Sport GmbH	Munich	1 Nixdorf 8870/	NIXDORF Munchen
Browning US	Morgan	Univac 90/60 (1)	?
Lerc	Valenciennes	CII HB62/30	
FN Viana	Viana (Portugal)	— (2)	—

N.B. Il est prévu, dans le cadre d'un autre projet, d'équiper les filiales européennes d'Apple IIe munis d'une carte interface V24 mais non reliés aux miniordinateurs locaux.




(1) Browning US dispose de plusieurs ordinateurs de marque UNIVAC de tailles différentes.




(2) FN Viana n'est pas encore informatisée.

Figure 8.3. Matériels existants au sein du Groupe Browning



#### 8.1.1.5. Situation actuelle des communications

Nous présentons à la figure 8.4, la situation actuelle des communications entre le CIGL (1) et les différentes UO du Groupe Browning. Fusi et Browning UK doivent établir leur communication avec le CIGL par l'intermédiaire de leur fournisseur de matériel. Les autres filiales étrangères peuvent envoyer une disquette directement au CIGL, ou utiliser le même procédé employé par les deux filiales précédentes. Certaines liaisons ne sont pas encore établies, mais le seront incessamment. Ces liaisons sont représentées par des lignes discontinues. Les lignes continues représentent, quant à elles, les liaisons déjà existantes. Le moyen utilisé pour la communication peut être une disquette (  ), une bande magnétique (  ), un disque (  ). Le sens de la communication est indiqué par une flèche. La fréquence de communication est également journalière ou mensuelle.

La figure 8.5. nous montre les communications entre le Groupe Browning, le CIGL et ADP (2). Ces communications sont réalisées à partir d'une Dec Writer via des lignes louées (  ), ou à partir d'un Apple 2 via des lignes commutées (  ) ou encore par l'envoi d'une bande magnétique (  ).

A la suite de cette brève présentation du cadre dans lequel va se dérouler l'étude du cas pratique, présentons le projet à développer.

---

(1) CIGL est le Centre d'Informatique Générale de Liège.

(2) ADP est un réseau privé. Par réseau privé, il faut comprendre un réseau de lignes louées de hautes qualités entièrement dédiées à une société. L'intervention de la RTT se limite à la fourniture des lignes. Celles-ci assurent les liaisons entre les ordinateurs de la société. Ces ordinateurs gèrent les communications dans le réseau.

La société loue - des services de transmission de données  
 - des services de stockage de données des utilisateurs  
 - ses ordinateurs pour exécuter les applications des utilisateurs.



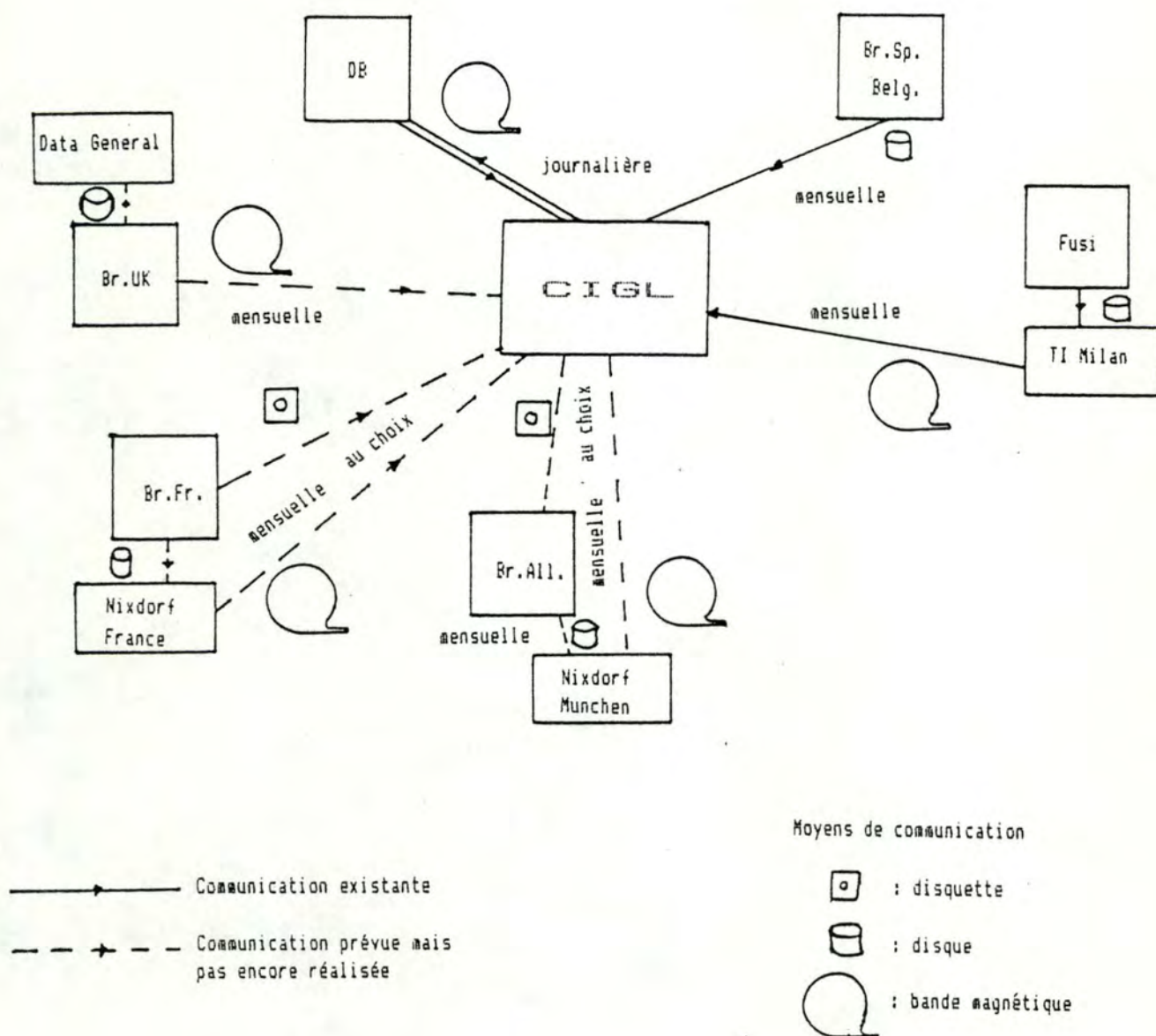


Figure 8.4. Communication avec le CIGL

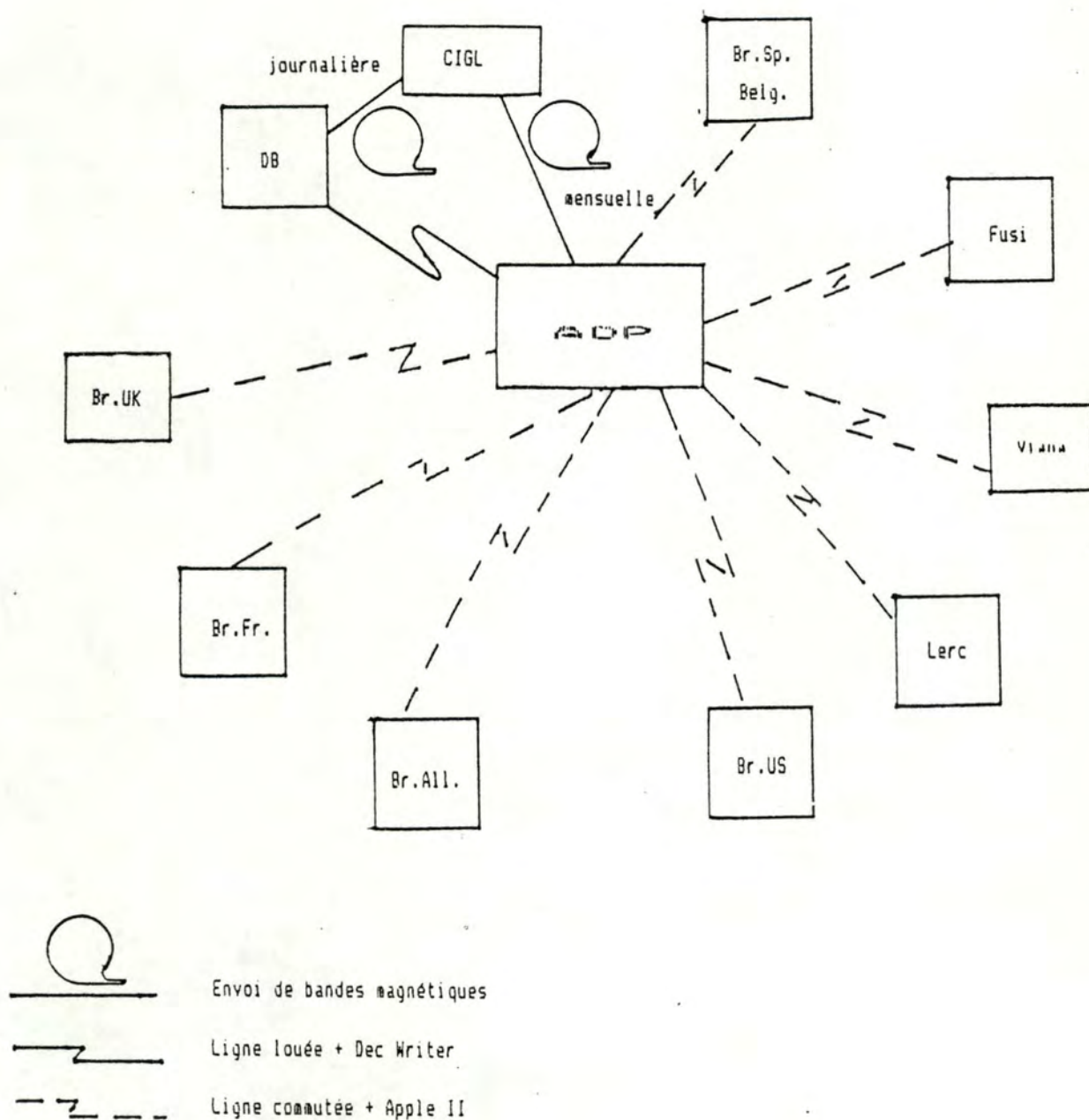


Figure 8.5. Communication avec ADP



## 8.2. PRESENTATION DU PROJET

### 8.2.1. ENONCE

Le souhait des responsables du Groupe Browning est de mettre en place un système informatique établissant des liaisons entre les différents équipements installés sur site, en dépit de leur diversité et de leur dispersion géographique.

Le but du projet est d'échanger des informations concernant les stocks, les commandes et les factures entre les différentes U.O.

### 8.2.2. LOCALISATION DU PROBLEME

Dans un premier temps, les cellules organisationnelles concernées sont :

- la logistique
- les filiales européennes (Belgique, Italie, Allemagne, France, Royaume-Unis)
- Browning US (USA)

Dans un second temps, Lerc (France) et Viana (Portugal) seront connectés au système.

### 8.2.3. FONCTIONS ASSUREES PAR LE SYSTEME

Dans un premier temps, le système devrait assurer les fonctions suivantes :

- 1) centraliser les données concernant le stock et assurer la diffusion de l'état des stocks globaux à toutes les unités opérationnelles qui en formulent la demande;
- 2) assurer la diffusion du carnet de commandes de la logistique dans chacune des filiales, pour ce qui la concerne;
- 3) assurer la diffusion d'une copie des factures émises par la logistique vers les filiales dès la composition de celles-ci dans le système informatique de la logistique;

- 4) permettre l'encodage direct des commandes des filiales vers la logistique, sans recopie. Ce processus pourrait être étendu ultérieurement d'une U.O. vers une autre U.O., ou de la logistique vers une filiale;
- 5) assurer le transcodage des codes familles d'articles dans le groupe. En effet, les produits sont classés par famille de produits. Chaque famille de produits possède un code et ces codes familles ne sont pas standardisés au sein du groupe.

### 8.3. DEMARCHE METHODOLOGIQUE SUIVIE

Le cas pratique du Groupe Browning porte sur un système vendu "clef- sur- porte". Le Groupe a donc éprouvé la nécessité de spécifier convenablement ses besoins afin d'établir si ce projet était réalisable et de rédiger l'appel d'offre de ce projet le plus précis possible.

Dans cette optique, une démarche a été suivie. La figure 8.6. nous montre l'enchaînement des étapes. Pour des raisons de simplification du schéma, nous n'avons pas noté les bouclages possibles. Ceux-ci proviennent des remises en question pouvant intervenir à chaque terminaison d'étape.

Le symbolisme adopté est le suivant :

- tout rectangle représente une étape
- toute flèche partant du bord inférieur d'un rectangle et aboutissant au bord supérieur d'un autre rectangle symbolise le fait que la terminaison d'une étape déclenche l'étape suivante.

Nous pouvons remarquer que l'étape "étude critique de l'existant" déclenche 2 étapes, l'élaboration des solutions possibles et l'acquisition des volumes. Celles-ci se sont déroulées en parallèle. L'étape "choix d'une solution" quant à elle n'a pu commencer qu'à partir du moment où les 2 étapes pré-citées ont été terminées.



Nous allons décrire brièvement les étapes de la démarche suivie afin de mettre en évidence les problèmes rencontrés lors de la conception de SID. Ceci nous permettra de dégager les éléments à prendre en considération et de trouver un embryon de méthode adéquate à la conception de SID.

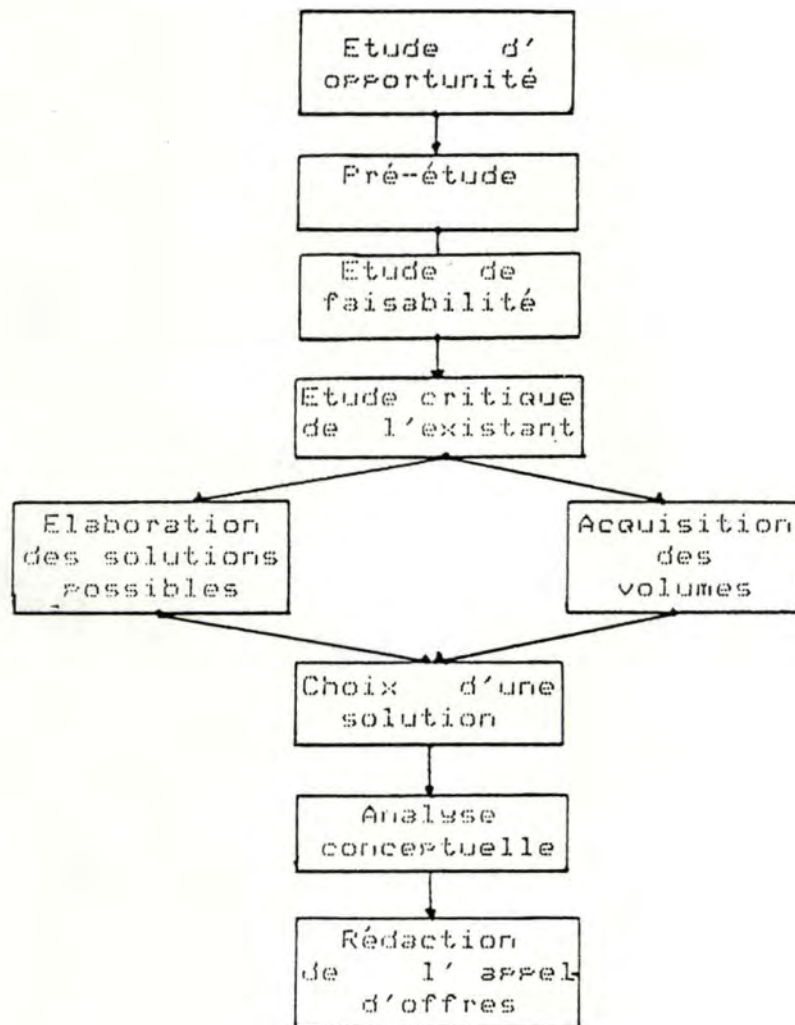


Figure 8.6. Etapes de la démarche suivie pour le cas pratique

### 8.3.1. ETUDE D'OPPORTUNITE

#### Objectif

Quatre objectifs ont été retenus :

- affiner les idées du responsable du projet
- présenter le projet à l'exécutif (décideur) du Groupe Browning
- présenter le projet aux responsables des utilisateurs
- justifier l'investissement, en l'occurrence, ici, le développement du projet.

#### Contenu

Remarque préliminaire :

remarquons que cette étude d'opportunité ne correspond pas à ce que le Professeur F. BODART entend par ces termes dans [BOD]. En effet, F. Bodart donne à l'étude d'opportunité un rôle beaucoup plus complexe. Elle prépare un avant-projet de solution à partir des besoins exprimés par l'organisation. Nous aurons l'occasion d'y revenir dans le chapitre 9.

Le lecteur trouvera à l'annexe A.1 le document relatif à l'étude d'opportunité. Cette étude a été réalisée par la responsable du Groupe Browning avant notre arrivée au sein de la société. Nous allons décrire brièvement le contenu de cette étude.

#### A. Identification du problème

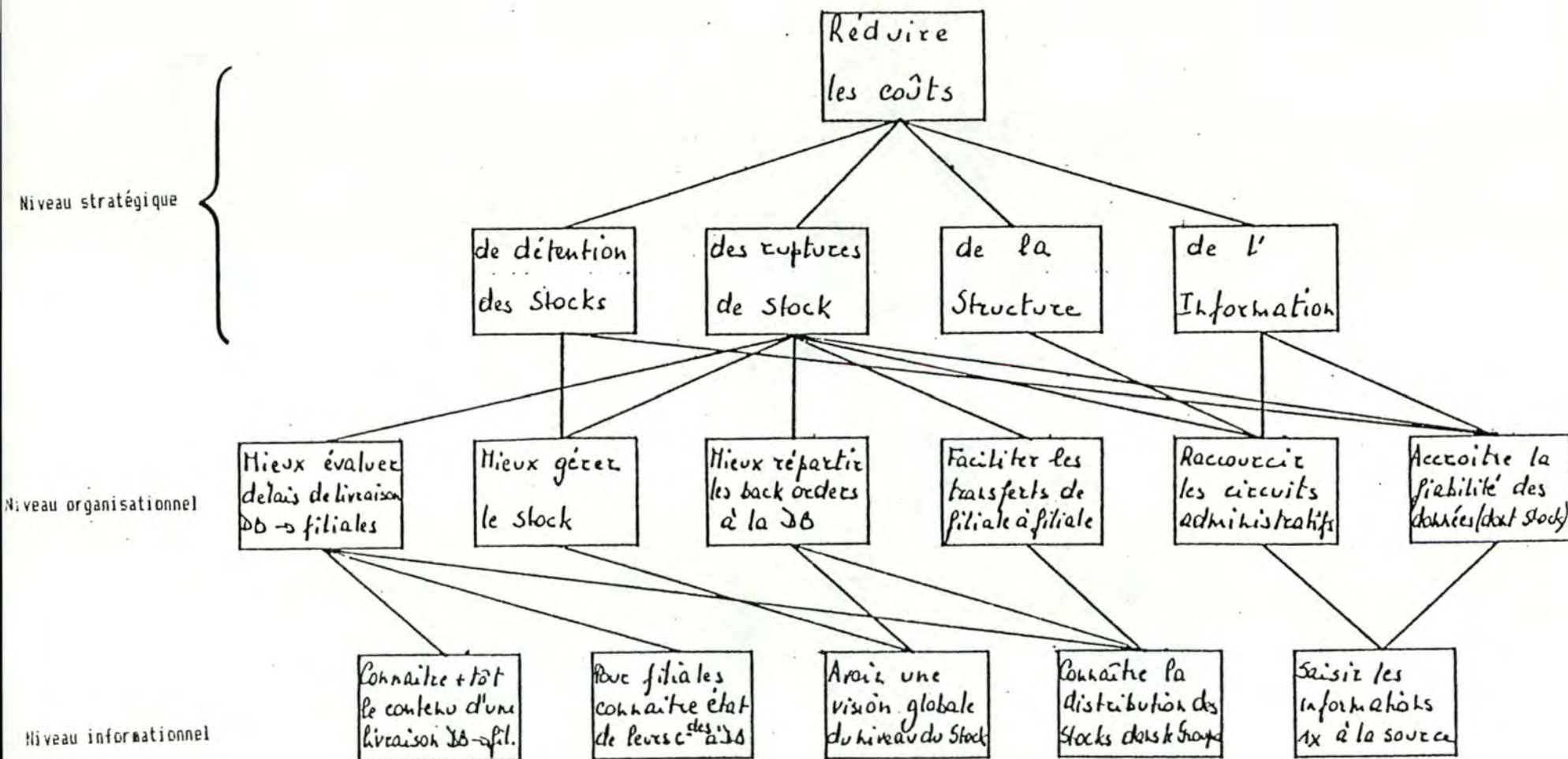
Ce point reprend l'énoncé général du problème, relève les causes d'insatisfaction et précise les services concernés.

#### B. Objectifs du système

La figure 8.7 fait apparaître les objectifs du système. Sont présentés tout d'abord les objectifs stratégiques à atteindre. Afin de réaliser ceux-ci, il s'agit de satisfaire des objectifs organisationnels qui en découlent et "concrètement", ceux-ci seront atteints dans la mesure où on pourra agir sur les informations circulant dans l'entreprise. Les actions sur les informations viseront à atteindre un certain nombre d'objectifs informationnels.



Figure 8.7. Objectifs du système.



### C. Inventaire des moyens informatiques installés.

- moyens hardware
- moyens software

### D. Définition des critères d'efficacité

- des critères informationnels.

Ex: a) . Idéalement, l'information échangée devrait être mise à jour en temps réel.

- . Toutefois, il serait acceptable de travailler au niveau de la journée.

b) . Les temps d'attente dans les consultations standards doivent être inférieurs aux temps qu'il faudrait pour rassembler les mêmes informations par téléphone.

- des critères d'efficacité économiques.

Ex: . diminution du stock global de 1/2

- . diminution des ruptures de stock de 10%
- . diminution du coût de la logistique.
- . accroissement de la satisfaction des demandes de la clientèle.

### E. Contraintes

Ce point regroupe les contraintes auxquelles le projet défini est confronté.

Il s'agit de :

- . contraintes organisationnelles
  - absence de langage commun
  - différence de rythme dans la dynamique des systèmes d'informatique installés (délais de mise à jour, âge de l'information).
- . contraintes techniques.
  - non compatibilité des systèmes informatiques installés
- . contraintes relatives aux mentalités des personnes.
  - réticence des entités du groupe à appliquer correctement les procédures.



### 8.3.2. PRE-ETUDE

#### Objectifs

Cette pré-étude du projet possède un triple objectif :

- Permettre une présentation du projet à réaliser à toutes les personnes concernées.
  - . direction et responsables des différentes filiales
  - . direction et responsables de la logistique
  - . direction du groupe Browning
- Recueillir les critiques et suggestions de ces personnes
- Etablir les premiers contacts avec les fournisseurs potentiels.

#### Contenu

Le lecteur trouvera à l'annexe A.2 le document relatif à la pré-étude. Cette étude a été également réalisée par les responsables du Groupe Browning avant notre arrivée au sein de la société. Nous allons décrire brièvement le contenu de cette pré-étude.

A. Enoncé du problème et des objectifs poursuivis.

B. Description de l'existant.

Cette description consiste en la présentation générale de la structure du Groupe Browning, de la présentation des matériels et logiciels d'application du Groupe, ainsi que des moyens de connexions potentiels et réels.

C. Présentation des fonctions que le système doit remplir.

Chaque fonction est décrite en 3 étapes :

- description du traitement assuré par la fonction (objectifs)
- description des données d'entrées.

Il s'agit de la description des fichiers utilisés et du nombre d'enregistrements dans ces fichiers.

- description des états de sorties.



#### D. Contraintes à respecter par le système.

- Ex.: - L'implantation du système commun ne devra nécessiter qu'un minimum de développement logiciel sur les systèmes locaux, vu leur diversité. Ceci est particulièrement important pour l'ordinateur de la DB qui est proche de la saturation.
- Il conviendra, dans le développement actuel, comme dans les évolutions futures de bien distinguer les fonctions monosites et les fonctions intersites. En principe, le système commun ne gèrera que les fonctions intersites.

#### Critique

Cette pré-étude est destinée à 2 groupes de personnes distincts.

Elle constitue tout d'abord un moyen indispensable permettant la présentation du projet aux différentes instances du Groupe. En effet, un projet d'une telle envergure, impliquant un grand nombre de personnes ayant des intérêts différents, réclame l'élaboration d'un tel document afin de démontrer qu'il a ses utilités dans l'organisme et afin de susciter l'intérêt de ces personnes dans le but de s'en assurer la coopération, celle-ci étant un atout vital pour la réussite de l'opération.

En second lieu, cette pré-étude apparaît à la fois comme une lettre d'intention fortement détaillée, et comme un pré-appel d'offres.

La raison pour laquelle cette pré-étude peut être considérée comme une lettre d'intention (1) très précise s'explique par une volonté des responsables du projet d'éliminer le plus tôt possible les fournisseurs ne pouvant assurer un service convenable et ainsi éviter de faire parvenir à des fournisseurs intéressés et/ou intéressants, un appel d'offres complet qui vu la taille du projet ne peut être que volumineux.

---

(1) Une lettre d'intention est une lettre destinée à faire part aux différents fournisseurs de l'intention qu'a l'entreprise d'acquérir un système informatique [ADA].



Il est à noter cependant qu'un projet de moindre importance pourrait réclamer une lettre d'intention type réduite à un simple avertissement pour les fournisseur de l'arrivée ultérieure d'un appel d'offres.

D'autre part, cette pré-étude peut être considérée également comme un pré-appel d'offre dans la mesure où les réponses des fournisseurs (pré-offres) permettent aux responsables du projet de se faire une idée de la façon dont pourrait se concrétiser le système et de se familiariser avec les SID.

### 8.3.3. ETUDE DE FAISABILITE

#### Objectif

Deux objectifs étaient assignés à cette étape :

- s'assurer qu'il existait des solutions techniques envisageables tant au point de vue matériel que logiciel.
- s'assurer que les coûts de réalisation et de mise en place du système ainsi que de son exploitation entraient dans le cadre de contraintes budgétaires.

#### Contenu

Le premier objectif a été atteint dans la mesure où les fournisseurs ont remis leur "pré-offres" en réponse à la pré-étude.

Les responsables ont ensuite évalué financièrement les "pré-offres" et ont jugé s'il était souhaitable de poursuivre le développement du projet.



#### 8.3.4. ETUDE CRITIQUE DE L'EXISTANT

##### Objectif

Cette étape a pour objectif de nous permettre de connaître et de critiquer l'environnement dans lequel va s'inscrire le projet.

Le résultat de cette étude sera inséré dans l'appel d'offres afin de donner une description précise du cadre du projet aux fournisseurs potentiels.

##### Contenu

Cette étude a consisté en 3 parties :

- l'étude du cadre dans lequel évolue l'entreprise;
- l'étude des flux d'informations dans l'entreprise;
- l'étude des fichiers existants. Ceci a été nécessaire dans la mesure où les fonctions du système envisagé font intervenir des informations déjà enregistrées sur un support informatique existant.

Le lecteur pourra trouver à l'annexe A.3 le diagramme de flux de l'existant que nous avons réalisé. Ce diagramme est un outil permettant de représenter les flux d'information dans l'entreprise. Une description plus complète de l'outil sera réalisée au point 9.3.

Une critique de l'existant a été réalisée par la responsable du Groupe Browning lors des étapes de l'étude d'opportunité et de la pré-étude. Par conséquent, nous n'avons pas critiqué l'existant de la Division Browning.

### 8.3.5. ACQUISITION DES VOLUMES D'INFORMATIONS

#### Objectif

Comme le projet porte sur un SID, il est apparu nécessaire d'acquérir des données concernant les volumes d'informations qui devront être manipulées par le système.

Ces volumes ont été acquis pour deux raisons :

1. Ces informations concernant ces volumes devaient être insérées dans un appel d'offre remis aux fournisseurs afin qu'ils puissent évaluer leurs solutions, et remettre une offre précise. En effet, les coûts d'exploitation de chaque solution évaluée résulteront en grande partie du volume d'informations transmises.
2. Ces volumes nous ont été utiles dans la mesure où ils nous ont permis d'évaluer nos propres solutions de structures de SID.

#### Contenu

Les informations nécessaires ont été très vite identifiées puisque le système demandé par le groupe va utiliser des informations existant déjà dans les unités opérationnelles.

Nous avons donc pris comme points de références les données se trouvant dans les fichiers sur lesquels le système envisagé allait travailler.

Les fichiers concernés étaient :

1. les fichiers de stock des différentes UO
2. le fichier des commandes de la logistique
3. le fichier des factures de la logistique.

Dans un premier temps, nous avons identifié la taille globale de tous les fichiers (cfr annexe A.4 point 1).



Dans un second temps, nous avons ensuite comptabilisé les mouvements possibles d'informations c'est-à-dire :

1. les informations nécessaires à la mise à jour de copies éventuelles de ces fichiers (cfr annexe A.4 point 2).
2. la fréquence de ces interrogations des utilisateurs pour chaque type d'application (cfr annexe A.4 point 3).

### Problèmes

Le premier problème est l'identification des volumes à prendre en considération. Cette identification a été facilitée par la conduite en parallèle de l'élaboration des solutions possibles. Pour chaque solution, on peut identifier les volumes "manipulés" et acquérir ceux qui ne l'ont pas été lors des solutions précédentes.

Le second problème émane du fait que beaucoup de "volumes" sont très difficiles à acquérir vu que ceux-ci ne sont pas nécessaires à l'organisation en tant que données d'exploitation. Ainsi, des données telles que le nombre de commandes passées par filiales à la logistique durant une période donnée, le nombre de factures, envoyées aux différentes filiales sur une période donnée, ... ont été obtenues très difficilement.

Malgré l'importance accordée à l'acquisition de volumes, il ne faut pas perdre de vue que ceux-ci ne sont que des estimations à prendre en considération avec beaucoup de précaution. Elles ne peuvent donner qu'une vue globale des volumes manipulés par le système.

De plus certains volumes ne sont que de simples suppositions. En effet, rien ne peut confirmer par exemple les fréquences d'utilisation des fonctions nouvelles fournies par le système telles que les interrogations de fichiers puisque ces services n'existent pas dans le système actuel.



### 8.3.6. SOLUTIONS POSSIBLES

#### Objectif

Envisager un ensemble de solutions possibles répondant aux exigences du projet du Groupe Browning.

#### Contenu

Le problème posé par le Groupe Browning demandait l'utilisation d'un SID. En effet, 9 sites distincts, où pouvaient être répartis les traitements et données, devaient communiquer entre eux. Par conséquent, toute solution était obtenue de la façon suivante :

- a. Tout d'abord, il s'agissait d'imaginer les solutions possibles concernant le type de SID à adopter. Toute solution de ce type faisait intervenir des combinaisons des 3 paramètres constitués des 3 fonctions d'un SID, définies supra, à savoir la répartition des traitements, la répartition des données, la répartition de la communication.

Deux types de SID ont été imaginés :

1. Le premier type envisagé consistait en la création d'un réseau en étoile autour d'un noeud central, appelé système commun, ayant un rôle d'aiguilleur. Ce système commun était connecté aux 9 unités opérationnelles et assurait la satisfaction des demandes réalisées par celles-ci (cfr figure 8.8a).

Les fichiers existants restaient sur leurs sites propres et n'étaient pas répétés.

Les traitements d'interrogation de fichiers étaient implantés là où se trouvaient les fichiers existants.

Exemple 1 : Si Browning France demande les états de stock pour le produit X, elle envoie sa requête au Système Commun qui interroge les systèmes des différentes filiales, rassemble les renseignements qui lui sont transmis et envoie la réponse définitive à Browning France.

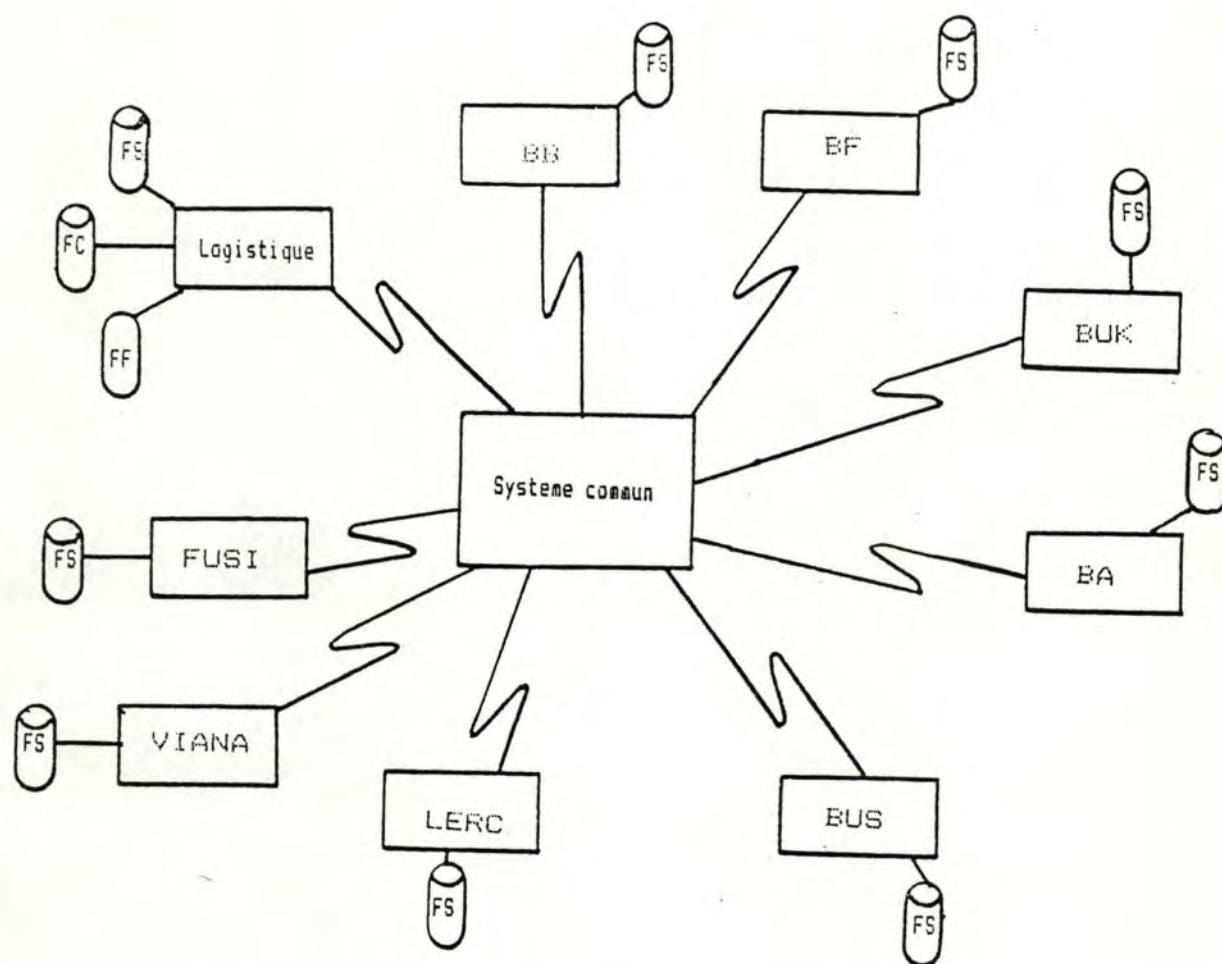


Exemple 2 : Si Browning UK désire passer une commande à la logistique, elle crée sa commande dans le Système Commun qui l'envoie immédiatement à la logistique.

2. Un second type de SID fut envisagé. Il consistait en un réseau en étoile autour d'un noeud central, appelé système commun. Celui-ci était connecté à chaque système des UO. Le système commun contenait un duplicata des fichiers de stocks des différentes UO ainsi que des fichiers de commandes et de factures de la logistique. Tous les traitements étaient localisés dans le système commun.

La figure 8.8.b nous montre cette solution.

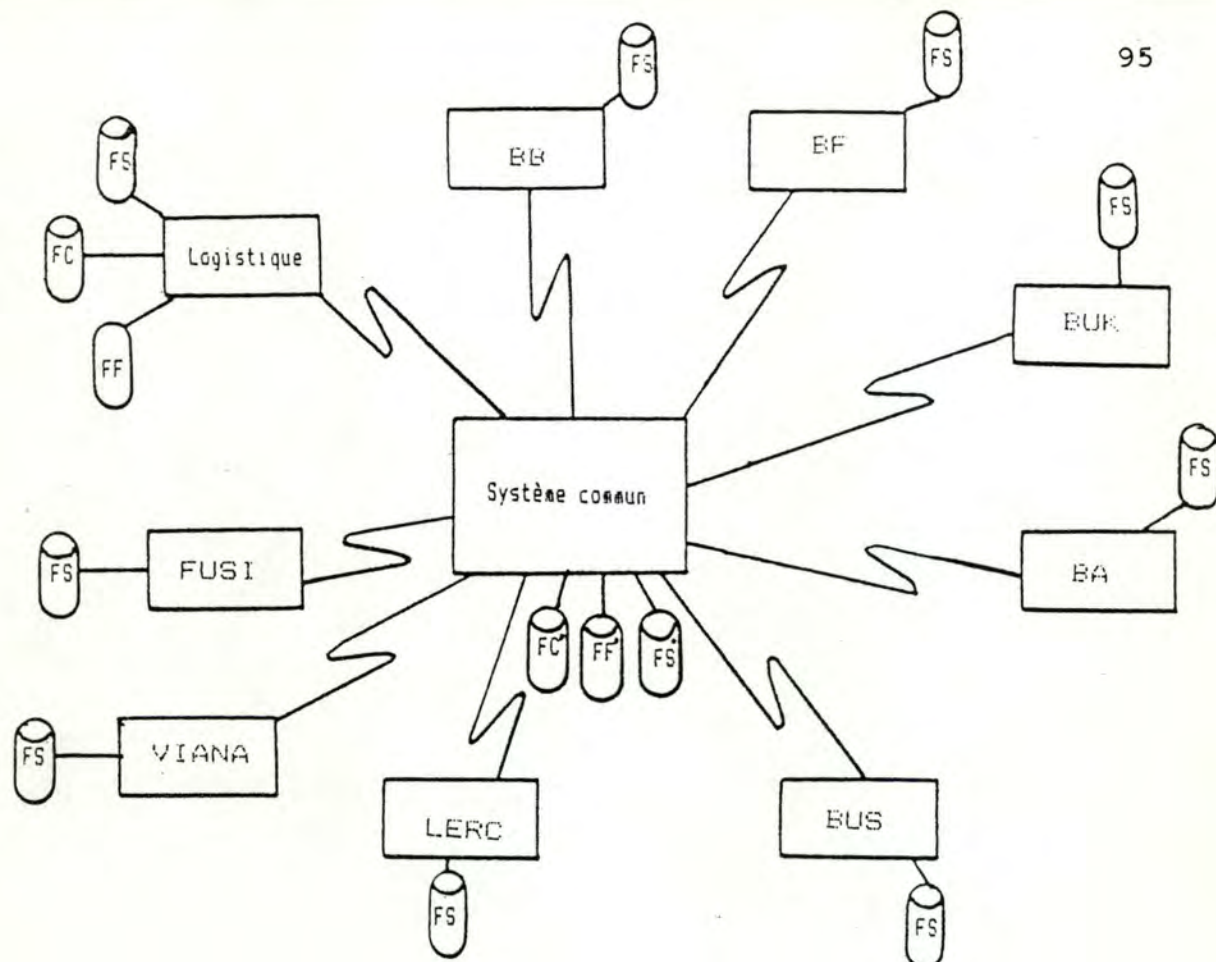
Exemple : une filiale passe commande dans le système commun, sa commande y est enregistrée. La nuit, les commandes enregistrées pendant la journée dans le système commun sont transmises à la DB. Celle-ci les accepte le lendemain.


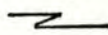


- Légende :
-  : fichier
  -  : moyen de communication
  - BB : Browning Belgique
  - BF : Browning France
  - BUK : Browning Grande-Bretagne
  - BA : Browning Allemagne
  - BUS : Browning USA
  - Fusi : Browning Italie
  - FS : fichier des stocks/filiales
  - FF : fichier des factures de la logistique
  - FC : fichier des commandes de la logistique

Figure 8.8a type de SID proposé : système commun "aiguilleur"





Légende :  : fichier  
 : moyen de communication  
(ex. : ligne louée ligne commutée, réseau public, réseau privé ...?)

BB : Browning Belgique  
 BF : Browning France  
 BI : Browning Italie  
 BUS : Browning USA  
 BA : Browning Allemagne  
 BUK : Browning Grande-Bretagne

FS : fichier des stocks/filiales  
 FF : fichier des factures de la logistique  
 FC : fichier des commandes  
 FS : fichier global des stocks de toutes les filiales  
 FF : copie du fichier des factures (FF)  
 FC : copie du fichier des commandes (FC)

Figure 8.8.b : Type de SID proposé :  
 SC avec stockage de donnée

- b. Compte tenu des répartitions des traitements et des données, il s'agissait ensuite de définir des solutions pour le système d'information. Nous nous sommes basés sur les grandes fonctions du système et nous en avons dégagé la dynamique.

Afin de disposer d'une base de discussion solide, nous avons présenté ces solutions sous forme d'un diagramme de flux. Nous présenterons cet outil au point 9.3.

Le lecteur pourra trouver le diagramme des flux de la solution qui sera choisie à l'étape suivante à l'annexe A.5.

### Problèmes

Lorsque le projet nécessite le développement d'un SID, le nombre de solutions possibles croît en fonction du nombre de sites et de fichiers concernés. Lorsqu'aucun outil ne permet d'envisager toutes les solutions possibles, le nombre de possibilités envisagées doit être limité et par conséquent, il est probable que des solutions avantageuses soient abandonnées à priori en raison d'un manque de temps pour les étudier sérieusement.



### 8.3.7. CHOIX D'UNE SOLUTION

#### Objectif

Ayant un ensemble de solutions possibles, on choisit une solution qui satisfait toutes les exigences du projet.

#### Contenu

Sur base des diagrammes de flux de certaines solutions possibles, des réunions de responsables du projet ont eu lieu. Ces réunions ont permis d'évaluer ces solutions.

La base de cette évaluation s'est reposée sur :

- les critères d'efficacité définis par l'étude d'opportunité
- l'expérience pratique et les connaissances des responsables du Groupe Browning.
- l'expérience des fournisseurs qui ont proposé leur solution (provisoire) en réponse à la pré-étude.

Cette évaluation est très empirique. La solution qui a été choisie est donc une solution de bon sens dont le choix repose essentiellement sur l'expérience et les connaissances des concepteurs. Il est à noter que cette procédure est très fréquente dans la réalité.

La solution présentée à la figure 8.8.b a été retenue par élimination de la première. En effet, la 1ère solution était très attirante car elle apporte des informations valables à tout moment, tandis que la 2ème présentait des informations vieilles d'un jour.

Cependant, ce degré de précision n'était pas requis dans les exigences de la Division Browning et ce luxe occasionnait des coûts d'exploitation très élevés supérieurs au budget prévu. Elle allait d'autre part à l'encontre d'une des contraintes fondamentales posées qui était que les systèmes informatiques des filiales ne devaient subir aucune modification leur occasionnant des accroissements de charges. Or, cette solution imposait le développement dans chaque filiale de systèmes d'interrogation de fichier et de communication de données avec le système commun. De plus, malgré leur forte "ressemblance" fonctionnelle, ces systèmes auraient dûs être développés en autant d'exemplaires qu'il y a d'UO et ce en raison de la grande diversité des systèmes informatiques installés tant au point de vue matériel qu'au point de vue logiciel.

### Problèmes

Dans le cadre de système d'informatique distribuée, le choix d'une solution qui sera la moins coûteuse tout en satisfaisant les besoins tant au niveau de l'utilisation qu'au niveau de l'exploitation du SID se complique vu :

- le nombre important de solutions possibles
- le nombre important de critères donnés par l'étude d'opportunité (critères organisationnels, informationnels, économiques, de réalisation et techniques).

L'évaluation dans de telles conditions est un processus fastidieux, voire impossible dans le cas de grands systèmes si le concepteur ne dispose pas d'outil automatisé. En cas d'absence d'outil, le concepteur se référerait à ses expériences et ses connaissances pour faire son choix.

Les coûts et les performances sont étroitement liés à l'architecture d'un SID. Un choix trop rapide peut être fatal aux avantages qu'offrent les systèmes d'informatique distribuée.



### 8.3.8. ANALYSE CONCEPTUELLE

#### Objectif

L'analyse conceptuelle a pour but d'analyser et de détailler la solution retenue (cfr 8.3.7.). La solution conceptuelle obtenue est indépendante des moyens de réalisation.

#### Contenu

Afin de réaliser cette analyse conceptuelle, nous nous sommes inspirés de la méthode de F. BODART. Nous avons utilisé les modèles présentés au chapitre 7. Le résultat final de cette étape peut être trouvé dans l'annexe A.6. Ce document a été obtenu grâce à une collaboration étroite entre les responsables du Groupe Browning et nous-mêmes.

#### Problèmes

L'analyse conceptuelle réalisée était destinée à être insérée dans un appel d'offres. Ceci nous a confronté aux problèmes suivants :

- élaborer une analyse conceptuelle précise (complète et cohérente) au moyen de modèles permettant de garantir une expression détaillée des besoins.
- ne pas fournir aux soumissionnaires un document trop rébarbatif (dû au formalisme des modèles) ou trop volumineux.

Nous avons donc décrit la solution au moyen des modèles de la statique des traitements, de structuration des données, de la structuration des traitements présentés au chapitre 7.

La description de la dynamique des traitements s'est réduite à un schéma dynamique dont on peut trouver le formalisme dans [BOD1].

Un ensemble de fonctions de mises à jour de fichiers ont été décrites. Ces fonctions sont particulières au type de solutions choisies pour le SID. En effet, elles tiennent compte de l'emplacement des fichiers. Elles ne devraient pas être présentes dans une analyse conceptuelle car ce ne sont pas des fonctions réclamées par l'utilisateur mais elles sont plutôt liées aux moyens mis en oeuvre pour réaliser le système.

Nous les avons insérées dans l'analyse conceptuelle par souci de complétude de l'appel d'offres et par souci de standardisation de présentation des fonctions. Mais la principale raison pour laquelle nous avons agi de la sorte provient du fait que nous avons choisi au préalable une solution pour le type de SID et ce dans le but de pouvoir estimer financièrement le coût de la solution. Ceci a abouti à une analyse conceptuelle très compliquée et dépendante des moyens de réalisation. Ce problème sera discuté ultérieurement dans la présentation de la démarche générale.



### 8.3.9. REDACTION DE L'APPEL D'OFFRES

L'appel d'offres est un document permettant au client, en l'occurrence le Groupe Browning, de décrire ce qu'il attend du fournisseur, autrement dit de préciser ses besoins et souhaits. Il permet également de spécifier les différentes étapes de l'informatisation.

Ce document a été réalisé par la responsable du projet du Groupe Browning.

Le lecteur pourra trouver un exemplaire de cet appel d'offre à l'annexe A.7.

Celui-ci se base sur un modèle réalisé par des responsables de la Fabrique Nationale. Nous avons participé à cette réalisation. Ce travail a débouché sur un modèle standard qui sera utilisé par l'ensemble de la FN. Celui-ci s'inspire du travail de J.P. Adans [ADA].

#### 8.4. CONCLUSION ET CRITIQUE DE LA DEMARCHE SUIVIE

Il n'est pas simple de trouver une méthodologie permettant de concevoir en toute sécurité un système, et en particulier un S.I.D.

La démarche suivie est un pas vers l'établissement d'une démarche plus générale. Celle-ci pallierait aux inconvénients découverts lors de l'application de la démarche suivie.

Il nous faut en effet, apporter un certain nombre de critiques à l'égard de celle-ci.

1. La critique fondamentale que nous pouvons formuler porte sur l'élaboration des solutions possibles et le choix de l'une de celles-ci. Toutes les solutions possibles prenaient en considération la structure du SID. L'analyse conceptuelle appliquée à cette solution choisie a engendré une solution conceptuelle trop fine c'est-à-dire dépendante d'un moyen de réalisation qu'est un système d'informatique distribuée de structure fixée.

En effet, nous y avons inséré la description des fonctions de mise à jour de fichiers qui ne sont pas directement issues des besoins des utilisateurs. Elles sont en fait particulières au type de système informatique choisi.

Il nous semble que l'analyse fonctionnelle doit être indépendante de la structure du SID considérant celle-ci comme un moyen de réalisation de la solution.

2. On peut émettre des réserves quant à la validité du choix de la structure du SID. En effet, à défaut d'outils permettant de calculer diverses solutions fournissant une solution optimale, nous nous sommes référés aux expériences et aux connaissances des personnes impliquées dans ce projet.

Il serait intéressant de voir dans quelle mesure des outils pourraient nous être utiles et quel est l'état des recherches dans ce domaine.



3. Il apparaît également qu'une étape propre d'acquisition de volumes d'informations n'est pas nécessaire. Cette action doit se retrouver dès l'élaboration des solutions possibles et jusqu'au choix de la topologie du SID.
4. La dernière critique que nous formulons porte sur l'analyse fonctionnelle. Cette critique découle de la première. Une analyse fonctionnelle doit-elle se retrouver dans un appel d'offres ?

Il est à noter que cette première démarche a été réalisée dans une entreprise ne disposant pas de service informatique et désirant donc des systèmes clé-sur-porte. Il serait intéressant de proposer une démarche plus générale dans la mesure où elle pourrait être appliquée à la fois par des entreprises ne disposant pas de service informatique et par des entreprises disposant d'un service d'informatique. Ceci fera l'objet du chapitre suivant.

## CHAPITRE 9. DEMARCHE METHODOLOGIQUE GENERALE

---

La figure 9.1. présente une vue globale des étapes d'une démarche générale pour la conception d'un S.I.D. Le symbolisme adopté est identique à celui de la figure 8.1.

Dans cette démarche méthodologique générale, nous procéderons tout d'abord à l'étude d'opportunité du système d'information. Nous préciserons ensuite la démarche autant pour une entreprise désirant un système clé-sur-porte que pour une organisation désirant développer elle-même son système.

L'étude d'opportunité du système d'information provient de la méthode de Bodart [BOD1]. Cette étude fournira un projet cadre c'est-à-dire un avant-projet de solution contenant une expression précise des objectifs et contraintes à respecter (fixés par l'organisation) et contenant une ébauche de solution retenue, des efficacités attendues, les moyens exigés et les points de contrôle de mise en oeuvre. L'étude d'opportunité se compose des étapes :

- d'identification du projet cadre
- de définition du projet cadre
- de l'étude critique de l'existant
- des propositions de solutions
- du choix de la solution.

Ces étapes seront respectivement décrites aux sections 9.1. à 9.5. Nous y avons inséré des réflexions relatives à un système d'information pouvant réclamer l'utilisation d'un SID.

Les étapes d'"analyse informationnelle", de "rédaction d'appel d'offres", de "réception, évaluation des offres et choix d'un fournisseur" décrites aux sections 9.6, 9.7. et 9.8. constituent la ligne de conduite à suivre lorsque l'entreprise désire un système clé-sur-porte.

A l'issue de ces étapes, le fournisseur choisi réalisera une analyse conceptuelle pourrait être similaire à celle réalisée par l'entreprise désirant s'informatiser elle-même.



Cette analyse conceptuelle et la recherche de la structure du SID, constituant la ligne de conduite adoptée par ce type d'entreprises seront décrites aux sections 9.9. et 9.10.

L'étape de réalisation ne sera pas prise en considération.

Tous les exemples illustrant les étapes de cette démarche porteront sur le cas pratique Browning.

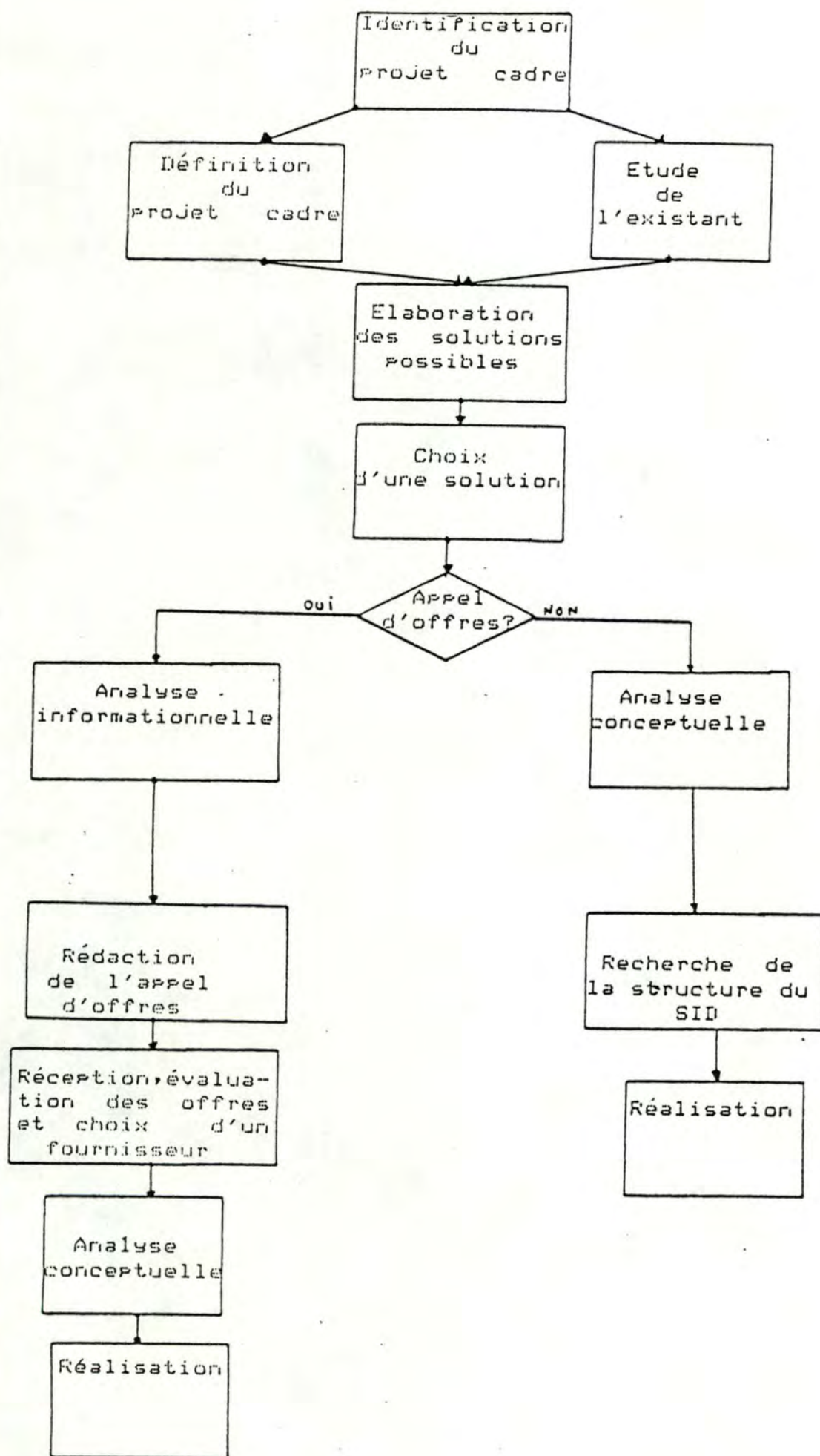


Figure 9.1. Démarche générale



### 9.1. IDENTIFICATION DU PROJET CADRE

Dès qu'une volonté d'automatisation d'un système d'information apparaît, il est essentiel que soient pris en considération les éléments suivants permettant d'identifier le projet :

- Les causes profondes d'insatisfaction.

Il s'agit des causes amenant les responsables d'une organisation à envisager la modification de la situation existante du SI afin d'en améliorer les performances et les qualités par la mise en oeuvre éventuelle de technologies informatiques nouvelles.

Exemples : - les stocks sont trop élevés,  
- il y a trop de ruptures de stock,  
- la proportion de stock mort est trop importante,  
- les informations concernant le stock circulent mal, sont malaisées à rassembler,  
- les circuits de saisie des commandes sont trop lourds  
- ...

- La localisation des déficiences.

Il s'agit de l'identification des personnes, des groupes de personnes, des fonctions de l'organisation, des services et des postes de travail touchés par ces déficiences relatives aux causes d'insatisfaction précédemment décrites.

Exemple : Dans un premier temps, les cellules organisationnelles concernées sont :

- la logistique DB
- les filiales européennes et la filiale américaine (responsables des ventes et achats)

Ensuite, Lerc et Viana.

- La définition de la frontière du projet.

On délimite la frontière du projet en identifiant les messages en provenance de ce qui est désigné comme l'environnement du projet et ceux qui sont émis à destination de cet environnement (cfr fig. 9.2.).

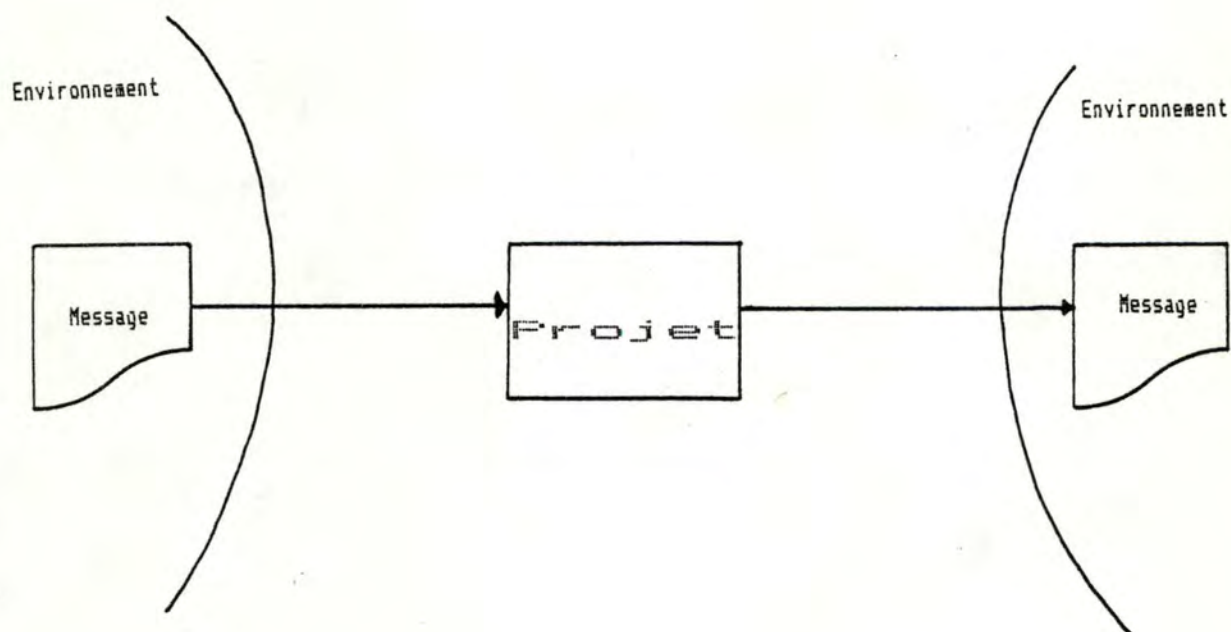


Figure 9.2. Le projet et son environnement.



## 9.2. DEFINITION DU PROJET CADRE

La définition du projet cadre est une étape capitale d'un projet informatique. On y spécifiera :

- les besoins exprimés sous la forme des objectifs à atteindre
- les critères et contraintes de choix d'une solution.

Les différentes étapes de la définition du projet cadre sont représentées par la figure 9.3.

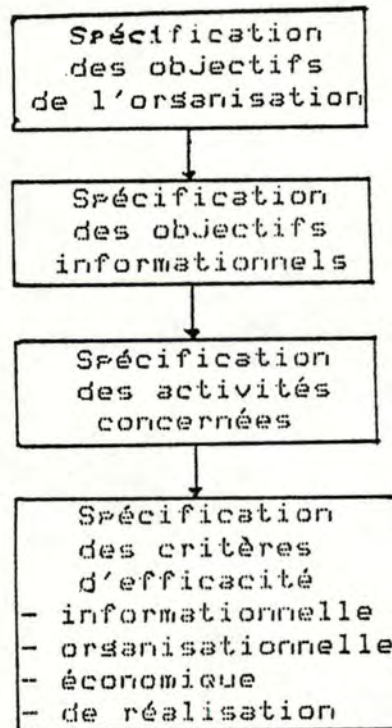


Figure 9.3. : Etapes de la définition du projet cadre

### 9.2.1. SPECIFICATION DES OBJECTIFS DE L'ORGANISATION

On établit la liste des objectifs de l'organisation résultant de l'analyse des causes profondes d'insatisfaction. Ces objectifs porteront sur les comportements opérationnels ou les comportements de gestion de l'organisation.

Exemple : Les objectifs sont représentés à la figure 8.7.

### 9.2.2. SPECIFICATION DES OBJECTIFS INFORMATIONNELS

Les objectifs informationnels résultent de la spécification des objectifs organisationnels. Il s'agit de définir les objectifs à assigner au comportement du SI qui permettront d'atteindre les objectifs de l'organisation.

Les objectifs informationnels seront classés en deux catégories selon qu'ils caractérisent les qualités de l'information produite par les processeurs du SI, ou qu'ils caractérisent le comportement des processeurs du SI.

Citons quelques objectifs informationnels :

- objectifs informationnels exprimant la qualité de l'information :
  - la précision de l'information
  - la pertinence de l'information
  - l'âge de l'information
  - la lisibilité de l'information
  - etc....



- objectifs informationnels caractérisant le comportement des processeurs.
  - Les performances d'un système de traitement de l'information (débit, temps de réponse, etc...)
  - la fiabilité d'un processeur (taux d'erreurs, ...)
  - la sécurité d'un système de traitement (confidentialité, protection du hardware et du software, ...)

Exemple: Si nous considérons l'objectif organisationnel "Diminution des ruptures de stock", nous avons les objectifs informationnels suivants :

- l'amélioration de la connaissance de chaque UO du stock global réparti dans les UO,
- la réduction des délais de saisie et de diffusion des informations (exemple : entre la demande de réapprovisionnement à la logistique et la mise à jour du stock d'une filiale),
- etc...

#### 9.2.3. SPECIFICATION DES ACTIVITES CONCERNEES

On identifiera ensuite les activités de l'organisation qui sont affectées par la réalisation des objectifs informationnels.

Exemples : - service des ventes des filiales et la logistique  
 - service des achats des filiales  
 - service facturation des filiales et de la logistique.

#### 9.2.4. SPECIFICATION DES CRITERES D'EFFICACITE

On fixera les critères et contraintes en fonction desquels on veut évaluer la réalisation des objectifs informationnels, mais aussi en fonction desquels des points de contrôle de la mise en oeuvre et de l'exploitation du projet seront effectués.

Ces critères peuvent être regroupés en 4 classes :

- 1- critères d'efficacité organisationnelle
- 2- critères d'efficacité informationnelle
- 3- critères d'efficacité économique
- 4- critères d'efficacité de réalisation.

#### 9.2.4.1. Critères d'efficacité organisationnelle

Ces critères d'efficacité ont pour but de mesurer l'impact que le changement induit par une nouvelle solution pourrait avoir sur le comportement des individus et des groupes. Ces critères peuvent couvrir des aspects tels que :

- l'amélioration de la communication au sein de l'organisation,
- les modifications des fonctions, des rôles et des structures d'organisation,
- la modification de l'emploi et les réactions à celle-ci,
- etc...

#### 9.2.4.2. Critères d'efficacité informationnelle

Ces critères correspondent aux objectifs informationnels (cfr supra 9.2.2.). Des exemples ont déjà été cités au point 8.3.1.

#### 9.2.4.3. Critères d'efficacité économique

Ils portent essentiellement sur les coûts et les économies d'un nouveau système.

Les coûts font intervenir :

- des coûts de mises en oeuvres du système.
- des coûts d'exploitation.

Les économies résultant du nouveau système sont très difficilement quantifiables surtout si les processus sont complexes. Des exemples peuvent être trouvés en 8.3.2.



#### 9.2.4.4. Critères d'efficacité de réalisation

Les efficacités de réalisation sont attachées aux conditions de développement et de mise en exploitation d'une solution nouvelle. Ces critères feront intervenir :

- la durée de vie du projet;
- le délai de mise en application;
- les scénarios de mise en exploitation c'est-à-dire qu'une solution pourrait être évaluée sur base de points de contrôle prévus pour le S.I. en fonctionnement et des alternatives qu'elle autorise par rapport à ces contrôles.

### 9.3. ETUDE CRITIQUE DE L'EXISTANT

L'objectif de cette étape est d'analyser et de critiquer la situation existante dans laquelle s'inscrit le projet cadre défini plus haut. Les critiques émises permettent de justifier les éléments insérés dans le projet et en suggèrent de nouveaux. Ceci explique pourquoi les étapes de définition du projet cadre et d'étude de l'existant, bien qu'elles puissent se dérouler en parallèle, sont extrêmement interdépendantes.

#### 9.3.1. ANALYSE DE L'EXISTANT

L'analyse de l'existant peut être réalisée au moyen d'un diagramme de flux des informations.

##### 9.3.1.1. Définition d'un diagramme de flux d'informations

Un diagramme de flux d'informations est :

- un outil permettant d'exprimer le fonctionnement d'un SI;
- un outil simple de dialogue avec les utilisateurs.

Il possède les caractéristiques suivantes :

- il offre une description du cheminement des messages, de leurs origines et de leurs destinations;
- il est développé selon deux axes :
  - . le premier axe est un axe de lieu grâce auquel on pourra localiser les lieux de l'organisation où se développent les flux d'informations;
  - . le second axe est associé au cheminement des messages.

##### 9.3.1.2. Etablissement d'un diagramme de flux

Proposons à présent un processus permettant la construction d'un diagramme de flux.



#### Etape 1 :

Découper le système en un ensemble de tâches.

Une façon de découper un système en tâches peut être obtenue en utilisant le concept de "phase" proposée par F. Bodart. Une description précise peut être trouvée dans [BOD1].

Le découpage consiste alors en l'identification des traitements manuels et/ou automatiques possédant une unité spatio-temporelle d'exécution.

Une unité spatiale implique, lors de l'exécution de la phase :

- l'absence de changement spatial dans l'organisation.
- l'absence de changement de ressources lors de l'exécution de la phase.

Une unité temporelle implique que le déroulement de l'exécution de la phase puisse avoir lieu sans interruption.

#### Etape 2 :

Déterminer l'enchaînement des différentes phases en décrivant ainsi le cheminement des messages.

#### Etape 3 :

Indiquer pour chaque phase, les messages et les informations mémorisées en entrée et en sortie.

#### Etape 4 :

Définir les postes de travail où sont exécutés les traitements. On en spécifie la durée.

#### Etape 5 :

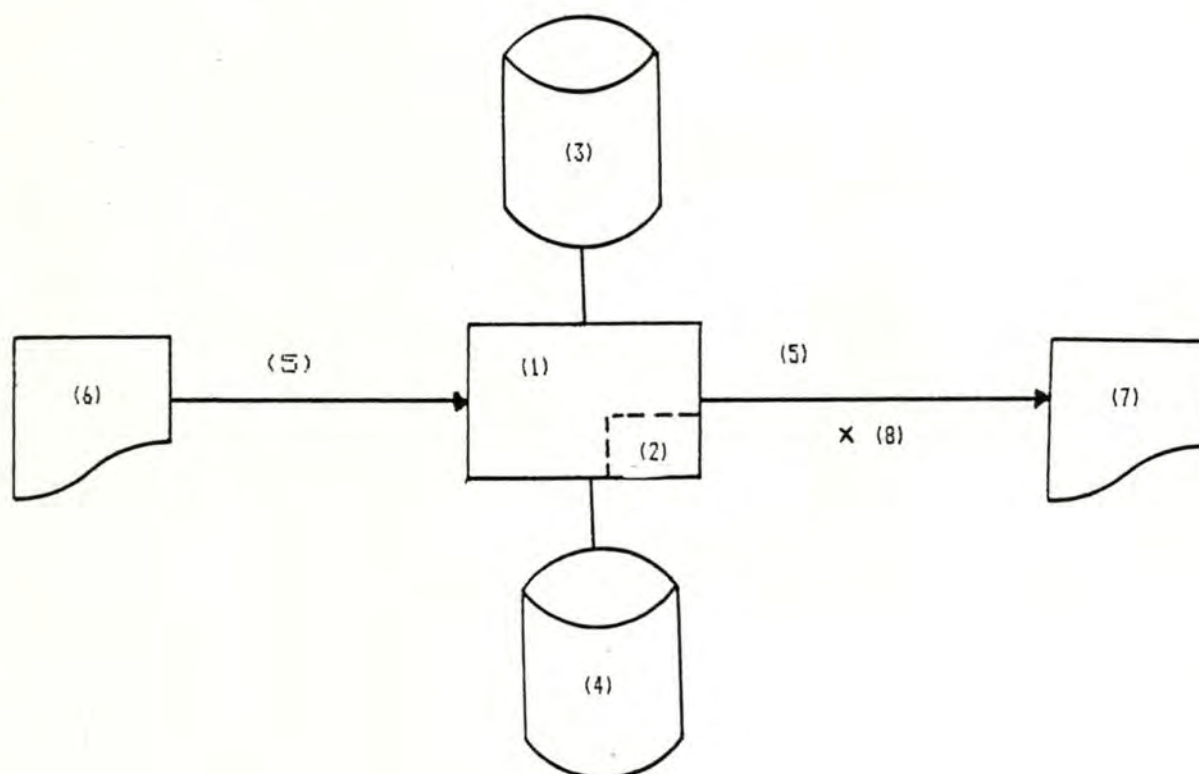
Reporter ces informations sur le diagramme à 2 dimensions en utilisant pour représenter chaque phase, les conventions décrites à la figure 9.4.

## Etape 6.

Indiquer entre chaque phase le temps écoulé.

Il est possible d'introduire en annexe du diagramme des données complémentaires relatives :

- aux ressources d'un poste de travail;
- aux ressources affectées à un traitement;
- aux fréquences de survenance des messages en provenance de l'environnement;
- aux nombres d'occurrences des différents traitements par unité de temps.



- (1) Nom de la phase.
- (2) Durée unitaire de la phase.
- (3) Données mémorisées en entrée.
- (4) Données mémorisées en sortie.
- (5) Flux des messages.
- (6) Message en entrée.
- (7) Message en sortie.
- (8) Nombre d'exemplaires du message.

Figure 9.4. Description d'une phase.



### 9.3.1.3. Utilisation d'un diagramme de flux lorsqu'un SID est possible

Il s'agit tout d'abord d'identifier les différents sites où traitements et stockage de données interviennent.

Ensuite, on effectue les étapes 1 à 4 décrites précédemment.

On effectue enfin l'étape 5 en répondant à la question suivante :

Doit-on considérer les sites comme de simples postes de travail ou comme des systèmes à part entière ?

Il est possible en effet que, selon les systèmes à analyser, on ait besoin de décrire l'organisation ou une partie de l'organisation de certains sites tandis que d'autres sites peuvent être considérés comme de simples postes de travail. Cette distinction est fonction du projet que l'on veut développer. Donnons un exemple.

Pour illustrer celle-ci, considérons l'application "commandes" du cas pratique Browning. La logistique assure la gestion d'un stock de produits et l'approvisionnement de ses filiales. Actuellement, les filiales passent commande à la logistique par l'envoi à celle-ci d'un bon de commande. On désire développer l'automatisation du passage de commande en mettant à la disposition de chaque filiale, un terminal.

- Soit, le projet prévoit que l'introduction au terminal de la commande par une filiale permet de mettre à jour diverses données ou enclenchent divers traitements au sein de celle-ci.
- Soit, le projet prévoit que l'introduction de la commande n'apporte aucun changement au SI de la filiale. Les commandes sont encodées dans le système de la filiale comme auparavant.

Dans le premier cas, il sera nécessaire d'étudier à la fois le système de la logistique relatif au flux des commandes mais également les systèmes des filiales afin de disposer d'une base de comparaison entre ce qui existe actuellement et ce qui existera plus tard grâce au nouveau système.

Dans le second cas, seul le système de la logistique relatif au flux des commandes sera étudié. Les filiales pourront être représentées comme de simples postes de travail.

Lorsqu'il est nécessaire d'étudier le système des différents sites, alors surgit un nouveau problème qui est celui de la lisibilité d'un diagramme de flux. Deux solutions peuvent être proposées :

#### Première solution

On établit un diagramme de flux par site, les autres sites faisant partie de l'environnement de ce site. On devra préciser, pour chaque message quittant le site, sa destination propre afin de pouvoir suivre son cheminement sur un autre diagramme.

#### Avantage

- Les diagrammes obtenus sont plus simples.

#### Désavantages

- La compréhension est rendue plus difficile car on ne possède pas de vue d'ensemble et on est obligé d'effectuer un effort de globalisation afin d'imaginer la totalité du système.
- Le cheminement des messages est rompu.

#### Exemple

Dans le cas Browning, nous aurions établi un diagramme de flux pour la logistique, et un diagramme de flux pour la filiale.



### Deuxième solution

Sur un même diagramme, on regroupe les différents sites concernés. Par site, on reprend les différents postes de travail.

#### Avantages

- Une vue globale du système est obtenue
- Les flux d'information ne sont pas interrompus

#### Désavantage :

- Le diagramme de flux obtenu peut être plus confus.

#### Exemple

Nous avons adopté cette solution pour le cas pratique Browning. Le lecteur trouvera en annexe A.3. le diagramme de flux.

Le choix de l'une ou l'autre solution dépend de la complexité de la situation à représenter. Il est souvent préférable, afin de clarifier les documents, de réaliser un diagramme de flux par application traitée.

### 9.3.2. CRITIQUE DE L'EXISTANT

Deux types de critiques peuvent être appliquées au SI existant :

- la critique fonctionnelle
- la critique structurelle.

#### 9.3.2.1. La critique fonctionnelle

La critique fonctionnelle consiste à évaluer le SI existant en termes des efficacités informationnelles, organisationnelles et économiques telles qu'elles ont été définies au point 9.2.4.

#### 9.3.2.2. La critique structurelle

La critique structurelle est relative à l'organisation du SI existant. Elle aborde entre autres :

- le contenu, les conditions et les destinataires des messages,
- la critique des traitements :
  - non-existence de traitements
  - redondance.
  - définition insuffisante.
  - exécution défectueuse (sous l'angle des efficacités souhaitées) et causes de celle-ci.
- la critique des circuits :
  - cohérence et fiabilité.

#### 9.3.3. UTILISATION DE IDA

Afin de mettre en lumière, un certain nombre de critiques non observables directement, il serait bon de disposer d'outils. Nous avons déjà présenté au point 9.3.1.1., le diagramme de flux des informations. On pourrait à ce stade, proposer l'emploi d'outils automatisés tels que ceux fournis par IDA (cf. chapitre 7.).

En effet, il serait possible de décrire la situation existante au moyen du langage de description DSL [DSL] et de générer des simulations avec des données réelles ou des données extrapolées permettant ainsi d'étudier le comportement du système actuel.

Supposons qu'on étudie une entreprise de distribution qui traite 500 commandes par semaine. On pourra considérer son comportement avec cette quantité de commandes, mais on pourra aussi simuler le système actuel avec un nombre de commandes double. Il sera possible ainsi de découvrir de nouveaux goulots d'étranglements et donc de nouvelles déficiences du système.

Il est bien clair cependant qu'exécuter des simulations coûtent cher et que toutes les entreprises ne disposent pas d'IDA. D'autant que cet outil requiert la puissance d'un miniordinateur pour son exécution.



#### 9.4. ELABORATION DES SOLUTIONS POSSIBLES

Cette étape consiste à construire un ensemble de solutions parmi lesquelles on en choisira une qui constituera le canevas à partir duquel sera réalisée l'analyse conceptuelle.

Chacune de ces solutions possibles se compose :

- d'un diagramme des flux construit à partir des mêmes règles que celles adoptées pour l'existant. Ces diagrammes contiendront donc les éléments suivants :
  - les différents sites éclatés en services,
  - les points d'action des flux d'information; ils comprennent un traitement ("phase" au niveau de la décomposition des "traitements"), les messages et les collections d'informations ("fichiers") en entrée et en sortie de ce traitement,
  - les flux de messages entre les points d'action;
- d'énoncés des objectifs et performances attendues pour chaque traitement;
- d'énoncés des ressources à mettre en oeuvre au niveau de chaque traitement;
- d'énoncés des principales modifications des fonctions et rôles de l'organisation et des rôles assumés par les personnes.

Cette élaboration se réalisera en prenant en compte quatre dimensions qui sont :

- la définition fonctionnelle des traitements;
- la technologie;
- les personnes;
- les structures de l'organisation;

Chaque solution :

- redéfinit les activités et les règles de traitement de l'information;
- envisage des modifications technologiques;
- redéfinit les fonctions et rôles qui seront assurés par les personnes;
- repense les structures de l'organisation.



Une modification technologique pourrait être l'utilisation d'un système informatique. Si l'organisation a une structure pouvant suggérer l'emploi d'un SID, les responsables du projet peuvent être tentés de décider de la façon de distribuer les traitements et les fichiers sur les différents sites. L'intégration de telles décisions dans le diagramme des flux est une erreur.

A ce stade du développement du projet, la prise en considération de cette localisation établirait une dépendance entre la solution et les structures du système informatique. Nous considérons en effet la structure d'un SID comme étant un moyen de réalisation.

Pour réaliser un tel diagramme des flux, nous préconisons la création d'un service informatique logique. Tous les traitements qui ne doivent pas être explicitement localisés dans des sites précis, sont placés dans ce service. L'indépendance vis-à-vis des moyens de réalisation que sont les types de SID est préservée.

La figure 9.5. représente un extrait de l'application "commandes" du projet Browning pour une solution utilisant la technologie des SID. L'interprétation de ce diagramme est la suivante :

- Un bon de réquisition est rédigé demandant la commande de produits. Une personne du service achat de la filiale encode cette commande qui est vérifiée et envoyée à la logistique par le traitement enregistrement du service logique.

La logistique procède alors à une approbation de la commande et à une première affectation si c'est possible.

Du côté de la filiale, la commande encodée est transmise au traitement de mise-à-jour-stock pour actualisation des quantités en cours de commande.

- Pour consulter les commandes à tout moment, le personnel achat peut visualiser toute commande de la filiale sur un terminal et/ou l'imprimer.



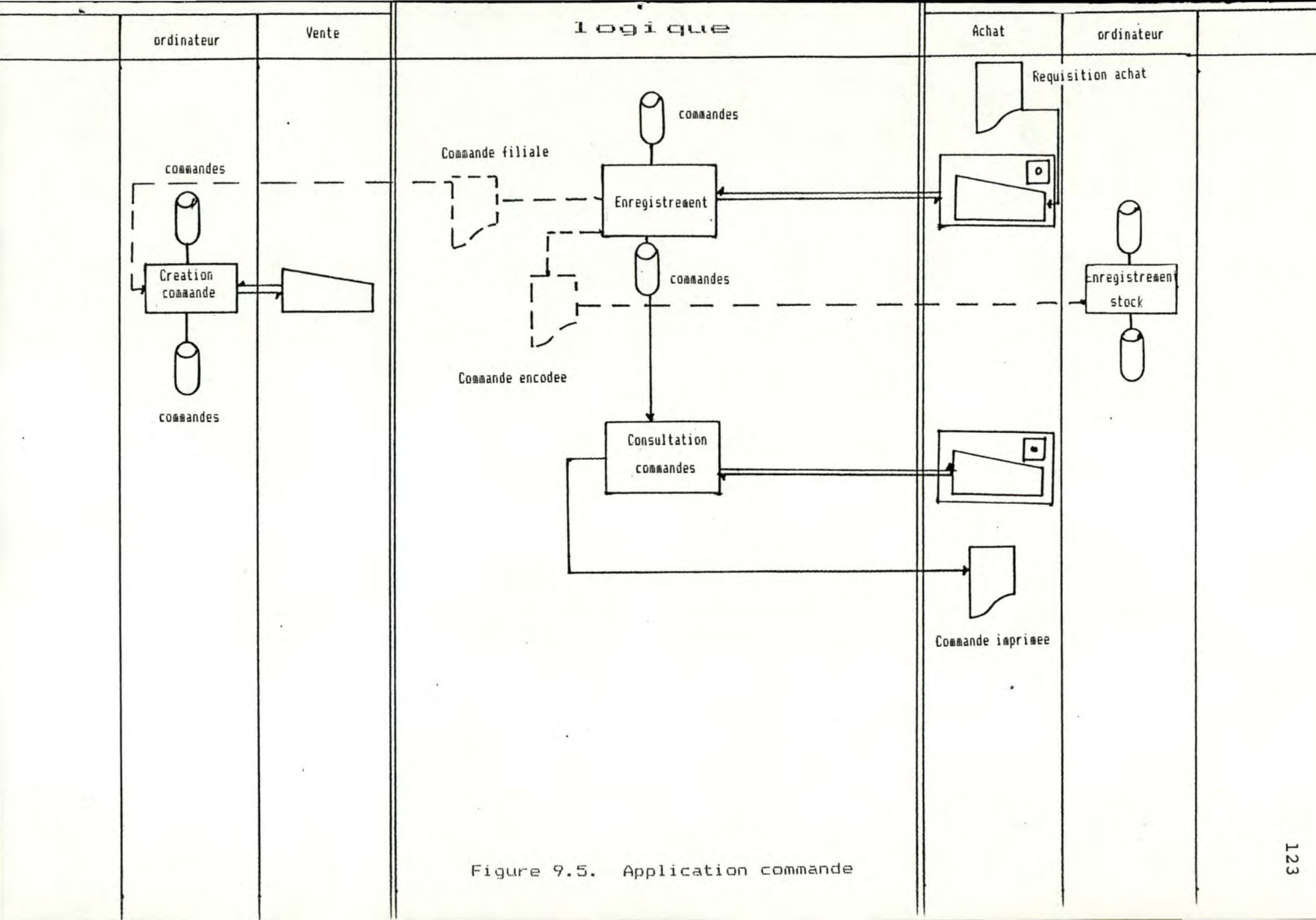


Figure 9.5. Application commande

### 9.5. CHOIX D'UNE SOLUTION

Le choix d'une solution consistera à évaluer les différentes solutions possibles sur base des critères d'efficacité définis dans le projet cadre.

Nous ne décrirons pas les méthodes d'évaluation qui relèvent des techniques multicritères, techniques dont l'exposé dépasserait le cadre de ce mémoire.

L'évaluation économique ne pourra être très précise. Dans le cadre de SID, une grosse partie des coûts sont issus des transmissions. Pour connaître exactement ces coûts, il faut connaître les volumes de flux d'information circulant sur ces lignes et ces volumes étant influencés par la localisation des fichiers et traitements, ce coût ne peut être évalué à ce niveau vu que les données nécessaires à cette évaluation ne sont pas suffisantes.

Le concepteur devra estimer le coût global que pourrait avoir un tel système. Cette estimation peut provenir de contact avec des fournisseurs ou avec des organisations disposant d'un système informatique similaire.

Une estimation plus précise des coûts sera possible après la recherche de la structure du SID.



## 9.6. ANALYSE INFORMATIONNELLE

### 9.6.1. INTRODUCTION

L'objectif principal d'une telle analyse est de fournir une base de discussion avec les concepteurs du système. Elle doit décrire la solution choisie (cfr 9.5.) en précisant les éléments indispensables pour que des offres puissent être formulées de même que les éléments indispensables permettant d'estimer les moyens à mettre en oeuvre, moyens tant matériels que logiciels.

L'analyse informationnelle sera donc un document à insérer dans un appel d'offres (cfr 9.7.). Que doit contenir une analyse informationnelle? C'est une réponse à cette question que J.P. ADANS présente dans [ADA]. Il y expose en effet, un découpage fonctionnel permettant la structuration de la description et tendant à éviter les malentendus ou les omissions afin de bien décrire ce que l'entreprise veut. Cette présentation est valable pour les entreprises désirant des systèmes clé-sur-porte et laissant donc les développements software aux fournisseurs.

### 9.6.2. DECOUPAGE FONCTIONNEL

Le découpage proposé s'appuie sur la reconnaissance d'une structure dans les processus de traitements de l'information.

La structure proposée est celle présentée à la figure 9.6.

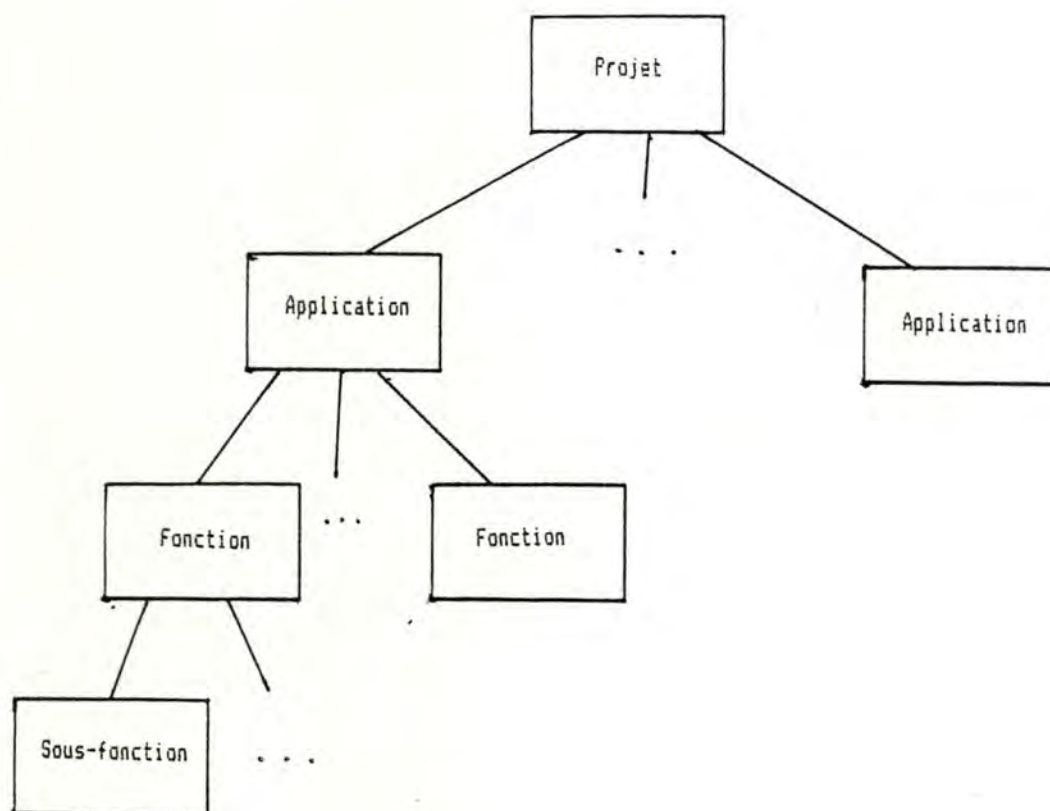


Figure 9.6. Structure des processus de traitement.

Tout processus de traitement est découpé en applications (gestion des commandes, gestion des fournisseurs...). Chaque application est découpée en fonctions qui réalisent une ou plusieurs actions délimitées, isolées des autres actions dans l'application. Ainsi, dans l'application gestion des commandes on pourra avoir des fonctions comme vérification de commandes, enregistrement de commandes. Si une fonction est trop importante, on la divise en sous-fonctions plus simples.

Les applications sont regroupées en projets. Cette découpe s'effectue de manière très logique en évitant à ce niveau de limiter les possibilités de solutions.

Chaque fonction définie devra être décrite. Nous présentons dans la suite, une liste des éléments caractéristiques qu'il pourrait être nécessaire de préciser.



#### 9.6.2.1. Description fonctionnelle

On décrit en langage naturel, les objectifs de la fonction.

#### 9.6.2.2. Information en entrée

Il s'agit de la description des informations d'entrée de la fonction qui doivent être fournies par l'utilisateur.

#### 9.6.2.3. Format des informations en entrée

On décrit ici la manière dont les informations sont vues par l'utilisateur.

Ex.: nombre de caractères maximum d'une information.

#### 9.6.2.4. Informations en sortie

On énumère les informations que la fonction doit produire.

#### 9.6.2.5. Format des informations en sortie

Il s'agit de la description des informations en sortie.

#### 9.6.2.6. Transformations à appliquer

On décrit à cet endroit les transformations que la fonction devra appliquer soit aux informations en entrée, soit à des informations mémorisées.

#### 9.6.2.7. Volumes

On spécifie le volume des informations traitées par la fonction, à savoir le nombre d'occurrences de la fonction, ainsi que la taille des informations. Ces renseignements sont nécessaires au calcul de la configuration.

#### 9.6.2.8. Localisation spatiale

On spécifie l'endroit où se déroule la fonction c'est-à-dire, le service, le poste de travail...

#### 9.6.2.9. Localisation temporelle

Certaines applications ou certaines fonctions ne se déroulent qu'à des moments bien précis. Elles peuvent induire une charge importante du système informatique.

Il s'agit par exemple de fonctions se déroulant en batch.

D'autres fonctions, par contre, peuvent être appelées à tout moment.

#### 9.6.2.10. Enchaînement

On exprime ici les liens que peut avoir une fonction avec une autre. Il s'agit par exemple de l'enchaînement de 2 fonctions, où l'utilisation de l'une demande l'exécution de l'autre.

#### 9.6.2.11. Concurrence

Dans un environnement multiposte, il peut arriver que certaines fonctions veuillent accéder en même temps à une même information. Ce problème est appelé concurrence. On spécifie ici les fonctions qui engendrent la concurrence.

#### 9.6.2.12. Durée

Il s'agit ici de l'expression de contraintes de durée sur le déroulement de la fonction.

#### 9.6.2.13. Interactions

On décrit un échange d'informations entre fonctions différentes, simultanées ou non.

#### 9.6.2.14. Parallélisme

On cite les fonctions qui doivent pouvoir se dérouler en parallèle. Il s'agit de fonctions différentes ou d'une même fonction exécutée en même temps par plusieurs postes de travail.



#### 9.6.2.15. Synchronisation

Plusieurs fonctions enchaînées automatiquement peuvent devoir être synchronisées. Dans certaines applications, il peut y avoir exécution automatique de plusieurs fonctions, simultanément. Cette spécification permet d'imposer un mécanisme de synchronisation, par exemple si l'exécution d'une fonction doit attendre la fin de l'exécution d'une autre fonction.

#### 9.6.2.16. Temps de réponse

Il s'agit de la spécification du temps de réponse désiré soit au niveau global pour toutes les applications, soit au niveau d'une application ou même au niveau d'une fonction.

#### 9.6.2.17. Distribution des informations d'entrée

On spécifie la distribution de l'arrivée des messages d'entrée ainsi que la distribution de leur contenu.

#### 9.6.2.18. Contraintes organisationnelles diverses

On exprime diverses contraintes spécifiques ne rentrant pas dans les rubriques décrites ci-dessus.

### 9.6.3. CRITIQUES DE CETTE APPROCHE

1. Les notions d'applications, fonctions, sous-fonctions ne sont pas suffisamment détaillées. L'utilisation du modèle de structuration des traitements (cfr chapitre 7.) pourrait être utilisée à ce niveau. La découpe fonctionnelle devrait s'arrêter au niveau des phases. Descendre à un niveau de détail supérieur serait inutile et pourrait limiter les possibilités des fournisseurs.
2. Cette approche n'offre pas une vue globale de la dynamique des traitements. Pour pallier à cela, il serait utile d'ajouter un schéma représentant la dynamique des traitements en utilisant le formalisme décrit dans [BOD1]



3. En annexe à cette analyse informationnelle, il serait bon d'ajouter le diagramme des flux d'informations final de la solution choisie. Ceci permet au fournisseur de mieux comprendre l'intégration du projet dans son environnement général.
4. Les volumes de données prévus au point 9.6.2.7. ne sont pas suffisants pour permettre de réaliser les calculs de configuration. En effet, il serait impossible par exemple d'évaluer les tailles de fichiers. Dès lors, il serait nécessaire de réaliser une analyse des données de base du système. On pourrait par exemple utiliser le modèle de structuration des données décrit dans [BOD1]. Il est clair qu'une telle analyse réclame des connaissances particulières dont ne disposent pas toutes les entreprises.
5. Les quatre remarques précédentes nous font introduire dans l'analyse informationnelle l'utilisation des modèles de la structuration des traitements, de la dynamique des traitements, de la structuration des données. Pourquoi dès lors ne pas spécifier la solution en langage DSL et utiliser les facilités de IDA pour générer divers rapports que l'on insérerait dans l'appel d'offres en guise d'analyse informationnelle ?

Nous préférons laisser aux fournisseurs et aux concepteurs de logiciels d'application le soin de mener à bien l'analyse aboutissant à la réalisation. L'analyse informationnelle fournira une base de travail, lisible par tous les fournisseurs.

Présenter dans un appel d'offres, une analyse conceptuelle (cfr. 9.8.) complète de la solution choisie est, à notre avis, contre-indiqué. En effet, une analyse conceptuelle engendre généralement des documents volumineux et malaisés à la lecture pour des personnes ne connaissant pas les modèles utilisés et les formalismes adoptés. De plus, lors de l'étude de l'appel d'offres, le fournisseur n'a pas le temps ni l'argent à consacrer à l'apprentissage d'une nouvelle méthode de travail et à l'étude détaillée de l'analyse fournie par le client, d'autant qu'il n'est pas certain de remporter le marché.



### 9.7. REDACTION DE L'APPEL D'OFFRES

La raison d'être d'un appel d'offres est multiple. En premier lieu, il permet au client de décrire ce qu'il attend du fournisseur, autrement dit de préciser ses besoins et souhaits. Ensuite, il spécifie le calendrier de l'informatisation. Finalement, il sert à définir un cadre de négociations c'est-à-dire qu'il donne le comment de la prospection et de la collaboration entre le client et le fournisseur.

Le but de l'appel d'offres est de familiariser les candidats fournisseurs avec l'organisation de l'acquéreur, ainsi que de décrire l'objectif poursuivi. Il servira de document standardisé, sur la base duquel les fournisseurs pourront présenter une offre. Finalement, il permettra de cerner au mieux le ou les fournisseurs qui conviendront, en situant leurs offres par rapport aux besoins.

L'appel d'offres doit comporter quatre grandes parties [ADA] :

1. Les descriptions administratives, dans lesquelles le client décrira son organisation, exposera ce qu'il souhaite acquérir, comment il compte mener la prospection, ce qu'il souhaite obtenir comme garanties et la façon dont il souhaite voir le contrat régissant ses relations avec le fournisseur.
2. Les spécifications informationnelles résultant de l'analyse informationnelle (cfr. 9.6.). Les documents résultant de l'étude de l'existant, notamment le diagramme des flux, doivent être ajoutés à ces spécifications.
3. Les spécifications techniques permettront d'imposer certaines contraintes sur les matériels, les logiciels, sur l'assistance, la formation, la maintenance par le fournisseur, ainsi que sur l'environnement dans lequel le système doit pouvoir fonctionner. Les contraintes peuvent être, par exemple, le temps de réponse, la fiabilité, l'extensibilité, les exigences en cas de panne dans un des sites, le délai d'intervention technique pour la maintenance, etc...

4. Les annexes permettront de reprendre divers documents relatifs à l'offre d'une part (modèle de tableau des coûts, questionnaire), et aux applications à informatiser d'autre part (modèles de documents utilisés, schéma d'implantation, plan des locaux, planning de réalisation, etc...)

Une description détaillée de ces étapes est présentée dans [ADA]. Nous convions les lecteurs intéressés à s'y référer. Ceux-ci pourront également trouver à l'annexe A.7 l'appel d'offres réalisé pour le projet du Groupe Browning.

Cet appel d'offres est envoyé à tous les fournisseurs potentiels.



### 9.8. RECEPTION, EVOLUTION DES OFFRES ET CHOIX D'UN FOURNISSEUR

Chaque fournisseur présente un système informatique. Les propositions des fournisseurs porteront sur les éléments suivants :

- les matériels (types, capacités, etc...)
- les logiciels
- des dispositions administratives en vue du contrat
- les coûts d'acquisition du système qui sont notamment:
  - les coûts des matériels
  - les coûts des logiciels
  - les coûts de formation du personnel
  - les coûts d'aménagement des locaux
  - etc...
- les coûts d'exploitation du système qui sont notamment
  - les coûts des télécommunications
  - les coûts des médias (unités à disques, bandes, ...)
  - les coûts des fournitures (papiers,...)
  - etc...

Pour proposer de telles solutions, les fournisseurs doivent procéder à la recherche de la structure du SID. Les types d'outils présentés en 9.10. seront d'une très grande utilité pour l'obtention d'une structure "optimale".

Les données d'entrée proviendront de l'analyse informationnelle. Par conséquent, la certitude des coûts avancés par le fournisseur sera fonction de l'exactitude des données présentées lors de l'analyse informationnelle.

Si l'organisation dispose de tels outils, elle pourra évaluer une structure du SID qu'elle pourra comparer avec celles des fournisseurs.

Les méthodes d'évaluation relèvent également de techniques multicritères.

A l'issue de cette étape, un fournisseur est choisi. Après signature du contrat, la phase d'implantation peut commencer. Celle-ci débutera par l'analyse conceptuelle qui sera réalisée conjointement par le fournisseur et les utilisateurs selon la méthode du fournisseur.

### 9.9. ANALYSE CONCEPTUELLE

La raison d'être de l'analyse conceptuelle est de décrire finement les traitements et données résultant de l'analyse d'opportunité.

Notre intention n'est pas de présenter une méthode pour réaliser cette analyse. Une démarche possible peut être trouvée dans [BOD1].

L'analyse conceptuelle est indépendante des moyens de réalisation - humains, techniques ou organisationnels. Ceci veut donc dire que cette analyse sera indépendante de la structure du système informatique.



#### 9.10. RECHERCHE DE LA STRUCTURE DU SID

A ce niveau du développement d'un projet informatique, le concepteur peut être face à 2 situations.

- Soit, lors de l'étude d'opportunité, le choix s'est porté sur un SID pour des raisons organisationnelles, économiques ou politiques.
- Soit, aucune contrainte n'est imposée et le concepteur est entièrement libre de choisir un SID ou un système d'informatique centralisée.

Quelle que soit la situation dans laquelle il se trouve, le concepteur doit décider la façon de distribuer les traitements, les données et les moyens de communication. Il ne s'agit pas pour lui d'une tâche aisée de trouver une combinaison pour la distribution de ces 3 éléments qui le satisfasse pleinement.

Deux tendances opposées peuvent être relevées :

- La première imposera au concepteur de découvrir la solution optimale au niveau efficacité et fiabilité indépendamment du coût occasionné. Cette première tendance ne sera pas approfondie. Les lecteurs intéressés pourront trouver dans [BESH] un modèle permettant de déterminer une allocation de ressources optimale maximisant la fiabilité du SID. Ce modèle prend en considération la topologie du réseau (1), la disponibilité des ressources et la capacité des lignes de communication.
- La seconde tendance imposera au concepteur de trouver une solution au moindre coût respectant la totalité des contraintes résultant de l'analyse réalisée lors des étapes précédentes.

Cette dernière tendance nous intéressera tout particulièrement.

---

(1) cfr infra 9.10.1.1.3.

En effet, actuellement, les coûts informatiques prennent une part de plus en plus importante dans les dépenses des entreprises. Une étude à ce sujet est proposée dans [BRO]. Les responsables de l'informatique sont contraints de prendre des mesures afin de réduire ces coûts. Or, les SID, s'ils sont mal conçus (cfr 5.2.8.), risquent d'engendrer des coûts d'exploitation très élevés et imprévus. C'est pourquoi il serait utile de fournir aux responsables des moyens efficaces permettant de choisir la structure au moindre coût.

Ces moyens se présenteront sous forme d'outils automatisés qui guideraient le concepteur dans son choix.

Dans un premier temps, nous allons relever les principaux éléments devant être pris en considération par un outil idéal. Il s'agira d'une part des données de base à fournir et d'autre part des contraintes possibles que devront respecter les solutions.

Ensuite, nous porterons notre attention sur quelques-uns des nombreux travaux réalisés dans ce domaine. Nous présenterons quelques modèles intéressants en mettant en évidence quelles données et quelles contraintes ils prennent en considération.

Enfin, nous exposerons les idées maîtresses d'un outil dont les détails pourront être trouvés dans [DET] et nous y apporterons nos critiques.



### 9.10.1. ELEMENTS A PRENDRE EN CONSIDERATION

#### 9.10.1.1. Les données de base

Afin de pouvoir choisir le SID, le concepteur doit prendre en considération un grand nombre d'éléments. Nous allons établir la liste des principaux que nous introduirons dans 5 rubriques :

- les éléments relatifs aux traitements;
- les éléments relatifs aux fichiers;
- les données relatives au réseau de communication;
- les éléments relatifs aux volumes d'informations;
- les éléments de coût.

Cette liste n'est pas exhaustive. Des données particulières au problème traité peuvent y être introduites.

#### 9.10.1.1.1. Les éléments relatifs aux traitements

Ces traitements sont les grandes fonctions que doit réaliser le système, c'est-à-dire celles qui ont été définies lors de l'analyse informationnelle (cfr. 9.6.) ou lors de l'analyse conceptuelle (cfr. 9.9.) selon que cette étape est réalisée par un fournisseur ou par le service informatique de l'entreprise.

On spécifiera :

- le nombre de traitements,
- l'estimation pour chaque traitement du nombre d'instructions nécessaires à sa réalisation,
- l'estimation pour chaque traitement du volume occupé en mémoire secondaire.

#### 9.10.1.1.2. Les éléments relatifs aux fichiers

Nous avons longuement présenté dans le chapitre 4, les structures des bases de données distribuées. Or, celles-ci posent d'immenses problèmes de cohérence non encore résolus et sont toujours un sujet de recherche. Dès lors, dans la suite, nous considérerons les bases de données comme des ensembles de fichiers et les problèmes de répétition et de partitionnement se ramèneront respectivement à la recherche d'emplacement de fichiers avec copies multiples et sans copie multiple.

Par fichier, nous entendons un ensemble d'enregistrements. En ce qui concerne le problème qui nous intéresse à savoir le problème d'allocation de fichiers, la description logique du fichier, c'est-à-dire les informations réellement enregistrées, ne sont pas d'une importance fondamentale. Par contre, les informations quantitatives seront indispensables. On spécifiera ainsi :

- la taille du fichier (en bytes)
- le nombre total de fichiers.

Cependant, à ce stade de la démarche globale, il est presque certain que les décisions relatives à l'identification des fichiers n'ont pas encore été prises. Une solution à ce problème consisterait à se référer aux collections logiques de données définies au cours d'une étude préliminaire de la structure de données (cfr. 9.6 et 9.9). Chaque collection logique définie donnerait naissance à un fichier potentiel.

#### 9.10.1.1.3. Les données relatives au réseau de communication

Comme nous l'avons vu précédemment, un réseau de communication est formé de deux composants essentiels :



- les noeuds ou sites. Ceux-ci sont des endroits dans le système où peuvent être stockées des données, où peuvent s'exécuter des traitements, et/ou à partir desquels peuvent être générées des demandes pour des traitements ou des fichiers. La topologie du système, c'est-à-dire l'ensemble des noeuds et leurs dispositions géographiques sont connus a priori;
- les interconnexions entre les noeuds. Celles-ci sont les liens physiques entre les noeuds qui sont réalisées par les lignes de communication caractérisées par leur capacité. L'ensemble de ces interconnexions constitue la topologie du réseau et est un élément à optimiser. La confusion entre la topologie du système et la topologie du réseau est à éviter. La première est une donnée de base, la seconde est un résultat.

Précisons les données à fournir par rapport à ces deux composants.

a. Données relatives aux noeuds.

On précisera pour les noeuds :

- leur nombre total
- les distances entre chaque paire de noeuds
- l'ensemble d'ordinateurs de puissances différentes parmi lesquels on choisira celui le mieux adapté à chaque site.

b. Données relatives aux interconnexions entre les noeuds.

On précisera des ensembles de lignes et de liaisons parmi lesquelles l'outil pourra choisir.

On aura :

- des types de lignes :
  - . lignes commutées (300 b/s, 1200 b/s, 2400 b/s);
  - . lignes louées (2400 b/s, 64 Kb/s);
  - . réseaux publics (DCS);

Le lecteur pourra trouver en annexe A8 les différents types de lignes possibles pour DCS.

- . réseaux privés (GEIS,ADP);
- . duplex, half-duplex....
- des types de liaisons entre les noeuds :
  - . des liaisons point à point (cfr. 1.1.);
  - . des liaisons multipoint (cfr. 1.2.2.);
  - . des liaisons avec multiplexeur où le multiplexeur est caractérisé par :
    - la capacité de la ligne haute vitesse
    - le nombre de lignes basse vitesse
    - la capacité des lignes basse vitesse
 (cfr. 1.2.3.);
  - . des liaisons avec concentrateur où le concentrateur est caractérisé par :
    - sa capacité de la ligne sortante
    - le nombre de lignes entrantes
 (cfr. 1.2.9. et 1.3.).

#### 9.10.1.1.4. Les éléments relatifs aux volumes d'informations

Par volume d'informations, il faut comprendre le volume d'informations circulant dans le système par unité de temps.

Considérons les relations entre un utilisateur  $u$ , un programme  $p$  et un fichier  $f$ . Soit l'utilisateur  $u$  localisé sur le noeud  $n_u$  réclame les services du programme  $p$ , localisé sur le noeud  $n_p$  et le programme  $p$  demande des informations enregistrées dans le fichier  $f$  stocké sur le noeud  $n_f$ .

Ces deux demandes engendrent des flux d'informations sur les lignes assurant la liaison entre les noeuds concernés. Il s'agit du flux 1 entre  $n_u$  et  $n_p$  et du flux 2 entre  $n_p$  et  $n_f$



A chacun de ces flux correspond un flux de retour d'informations, à savoir les informations prélevées dans le fichier et envoyées au programme p (flux 2') ainsi que les réponses du programme p à l'utilisateur u.

Ces différents flux sont schématisés à la figure 9.7.

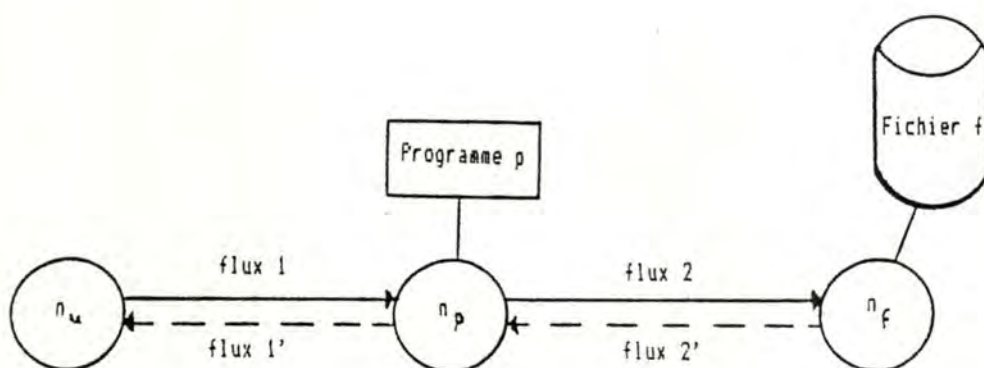


Figure 9.7. Les flux d'informations.

Chacun de ces flux doit être évalué. Cette évaluation prend en considération 2 paramètres.

- le nombre de caractères envoyés par transaction (1)
- la fréquence des transactions sur une période fixée.

---

(1) Une transaction est une demande issue d'un noeud et destinée à un autre.

Dans la pratique, les estimations de ces flux sont très ardues et souvent peu précises. En effet,

- comment estimer les flux 1 et 1' lorsque le programme p est interactif ?
- comment estimer les flux 2 et 2' lorsque les quantités d'informations puisées dans le fichier f varient d'une exécution à l'autre ?
- comment estimer la fréquence d'utilisation d'un programme p lorsqu'il offre un service tout nouveau ?

Une façon d'apporter une réponse à cette 3ème question serait de lier la demande du service nouveau à un fait survenant dans l'entreprise.

Donnons un exemple tiré du cas pratique exposé au chapitre 8.

La fréquence d'utilisation d'une fonction telle que la consultation de stock global (cfr 8.2.3.) a été estimée à partir de l'hypothèse suivante : il y aura consultation de stock global par la filiale lorsque celle-ci recevra une commande portant sur un produit en rupture de stock. Dès ce moment, on pourra effectuer des calculs statistiques afin d'établir les valeurs moyennes et maximales de la survenance de ces faits.

Ce procédé statistique sera également adopté pour la résolution des deux premières questions.

Cependant, lorsque les copies de fichiers sont permises, ces flux ne sont plus suffisants, il faut envisager des flux de mises à jour. La distinction entre ces derniers et les premiers cités provient de la différence de temps de réponse exigé. En effet, pour un accès à un fichier, on exigera par exemple un temps de réponse de 3 secondes maximum, alors que l'on tolérera que les mises à jour se déroulent endéans la minute ou plus.



Deux types de mises à jour doivent être considérés :

a. La mise à jour en "temps réel".

Dès l'instant où une copie de fichier est modifiée, des messages de mises à jour sont envoyés à toutes les autres copies de ce même fichier.

b. La mise à jour en "batch".

Lorsqu'une incohérence temporaire des informations est acceptée, les mises à jour peuvent s'effectuer en masse après une période donnée. Les modifications de la copie sont répercutées sur toutes les autres copies.

La condition de réalisation de ce principe est que seule une copie du fichier puisse subir des modifications, les autres copies n'autorisant que les consultations. En effet, si toutes les copies subissaient des modifications, il n'existerait plus de copies correctes permettant de mettre à jour les autres copies.

#### 9.10.1.1.5. Les éléments de coûts

Puisque l'objectif à atteindre est de trouver un SID au moindre coût, précisons les différents éléments de coûts à prendre en considération.

On peut distinguer deux grandes classes de coûts:

- les coûts d'installation et de mise en route.

On y retrouve les coûts :

- d'achat de matériel.
- d'installation de matériel.
- d'installation de lignes.
- de création de fichiers.
- de programmation.
- d'achat des logiciels de base.
- ...

- les coûts d'exploitation.

Parmi ceux-ci, il faut citer :

1) Le coût des lignes

Pour chaque type de ligne (cfr 9.10.1.1.3.), on associe un prix qui sera :

- . un prix forfaitaire pour une ligne louée.
- . un prix par unité de temps pour une ligne commutée.
- . un prix par ligne possible dans le DCS.

2) Le prix de location des équipements supplémentaires.

- location des modems,...

A l'annexe A.8, nous présentons les tarifs des liaisons via le réseau téléphonique commuté, les tarifs des circuits loués, les tarifs de DCS ainsi que les coûts des appareillages supplémentaires.

3) Le prix des ordinateurs selon leur taille (micro, mini, maxi).

4) Le coût de l'instruction exécutée selon le type d'ordinateur.

5) Le prix des multiplexeurs et des concentrateurs.

6) Le coût de stockage des informations.

2 politiques peuvent être adoptées :

- a) Fixation d'un prix par unité d'information stockée.
- b) Fixation de la capacité de stockage d'un noeud est fixée comme contrainte (cfr 9.1.2.).  
Ajouter un fichier dans un noeud ne coûte rien si la capacité de stockage du noeud n'est pas dépassée. Par contre, il existera des coûts de reconfiguration de la mémoire du système si la capacité est dépassée.

7) Les coûts de personnel.

8) Les coûts de maintenance.



### 9.10.1.2. Les contraintes

La solution finale au moindre coût pourra être soumise à un certain nombre de contraintes. Nous allons en présenter quelques-unes ci-dessous.

#### 9.10.1.2.1. Contraintes relatives aux fichiers

- On pourrait imposer pour des raisons de sécurité et de confidentialité qu'un fichier ne puisse pas être stocké dans certains noeuds.
- On pourrait également imposer qu'un fichier soit stocké dans un noeud bien particulier.
- On pourrait interdire les copies de certains fichiers.
- On pourrait imposer qu'à tout moment une copie de fichier soit disponible compte tenu d'un certain pourcentage de panne dans le système.

#### 9.10.1.2.2. Contraintes de temps de réponse

Il s'agit de spécifier un temps de réponse maximum

- identique pour tous les traitements  
ou
- particulier à chaque traitement  
ou
- propre au traitement de mise à jour d'une part et propre aux autres traitements d'autre part.

#### 9.10.1.2.3. Contraintes relatives aux traitements

- Si les noeuds possèdent déjà des ordinateurs, on pourrait imposer, pour des raisons de portabilité qu'un programme ne puisse s'exécuter que sur un sous-ensemble de noeuds bien déterminé.
- On devrait pouvoir spécifier pour les traitements en batch, les périodes pendant lesquelles ils doivent se dérouler.

#### 9.10.1.2.4. Contraintes relatives aux noeuds

- On devrait pouvoir limiter les capacités de traitement des noeuds, les capacités de stockage.
- On pourrait imposer une fiabilité minimum.

#### 9.10.1.2.5. Contraintes relatives aux lignes de communication

- Il serait nécessaire de pouvoir préciser pour toute paire de noeuds, les types de lignes possibles.

Exemple : Pour un noeud localisé en France et un autre localisé en Belgique, on devra imposer un choix entre des lignes commutées internationales, des lignes louées internationales et l'utilisation de DCS et transpac.



### 9.10.2. RESULTATS A ATTENDRE D'UN OUTIL IDEAL

Un outil idéal, sur base des données présentées en 9.10.1., fournirait au concepteur une solution pour le SID qui minimiserait une fonction de coût sous un certain nombre de contraintes.

Cette fonction de coût ferait intervenir :

- d'une part, le coût global d'exploitation du système, sur une période fixée P (une année, un mois...)
- et d'autre part, une quote-part du coût global d'installation. On pourrait par exemple estimer la durée de vie du système. Le montant de la quote-part est obtenu en divisant le coût global d'installation par le nombre de périodes P contenues dans la durée de vie du système.

L'outil fournirait la solution optimale pour le SID qui consisterait en :

- la topologie du réseau

L'outil pourra créer des "stations de communication" c'est-à-dire des concentrateurs, des multiplexeurs ou des commutateurs. Ces derniers sont en fait dédiés au transfert des données d'une ligne de transmission à une autre par commutation de circuits, de messages ou de paquets.

L'outil fournira donc :

- . pour chaque noeud :
  - le type d'ordinateur à installer
  - le taux d'utilisation de cet ordinateur
  - le volume d'information stocké;
- . pour chaque "station de communication" :
  - son type
  - le type d'ordinateur si cette station est un commutateur;

- . pour chaque ligne :
  - le noeud ou la station de communication origine
  - le noeud ou la station de communication extrémité
  - son type
  - sa capacité (bit/s)
  - son taux d'utilisation
    - . pour le temps réel
    - . pour le batch.
- la localisation des traitements
 

On préciserait dans quels noeuds les différents programmes sont stockés
- la localisation des fichiers
 

On préciserait dans quels noeuds sont stockés les différents fichiers ainsi que les taux d'utilisation par copie.
- les temps de réponse moyen - pour tout le système
  - par traitement.

Nous venons d'exposer dans les 3 dernières sections, les principaux éléments qu'un outil idéal devrait prendre en considération pour fournir au concepteur une solution optimale. Nous allons à présent présenter ce que peuvent nous fournir les recherches dans ce domaine.



### 9.10.3. PRESENTATION DE TRAVAUX EXISTANTS

Dans la littérature, les outils présentés sont toujours simplifiés. Il ne tiennent jamais compte de tous les éléments décrits en 9.10.1.

On peut distinguer deux familles d'outils :

- des outils simplifiés optimalisant simultanément les 3 distributions à savoir la distribution des traitements, des données et de la communication. CHEN et AKOKA ont élaboré un outil de ce type [AKO].
- des outils offrant des solutions optimales partielles. Il s'agit d'outils offrant des solutions optimales pour une ou deux des 3 distributions citées précédemment. De tels outils peuvent être trouvés dans [CHU], [MOR], [CER], [MAH], [IRA].

Comment obtenir une solution optimale globale à partir de solutions optimales partielles ?

- Une première manière consisterait à rechercher tout d'abord une solution optimale pour la topologie, ensuite rechercher une solution optimale pour l'allocation des traitements et enfin rechercher une solution optimale pour l'allocation des fichiers. La solution globale consisterait en la juxtaposition des trois solutions partielles.

Cette façon de faire est tout à fait fausse. En effet, ces 3 distributions sont étroitement liées. Pour obtenir une solution optimale pour la topologie du réseau, il faut connaître l'emplacement des fichiers et des traitements afin de déterminer les volumes des flux d'information circulant entre les noeuds. D'autre part, un emplacement optimal pour les fichiers et les traitements doit se baser sur une topologie de réseau fixée pour pouvoir calculer les coûts avec précision. Ces coûts sont essentiellement des coûts de communication qui sont dépendants des types de lignes du réseau.



- Une seconde méthode consisterait à intégrer plusieurs outils dans un processus général. Dans un tel processus en génère tout d'abord une allocation de fichiers et de programmes réalisable. On utilise alors un outil recherchant une solution optimale pour la topologie du réseau compte tenu de l'allocation des fichiers et des traitements et de diverses contraintes (temps de réponse, disponibilité de fichiers...). Un autre outil se chargerait ensuite de réallouer les fichiers et les traitements de façon optimale compte tenu de la topologie nouvelle. Ces deux étapes sont ensuite répétées jusqu'au moment où on n'obtient plus de solutions meilleures, ou jusqu'au moment où on obtient une solution satisfaisante. Cette approche n'offre pas nécessairement la solution optimale mais offre une solution s'en rapprochant.

On appelle ce type d'approche, approche heuristique. L'inconvénient principal d'une telle approche est le risque toujours présent de s'écarter sensiblement de la solution optimale.

Il est à remarquer que les outils proposés n'offrent pas tous des solutions optimales, mais offrent des solutions se rapprochant de l'optimal. Ceci a pour objectif de pallier au désavantage principal des outils offrant des solutions optimales à savoir le temps de calcul très élevé. Pour un problème d'allocation de 8 fichiers dans un réseau de 5 noeuds. CERI a proposé deux outils, l'un recherchant une solution optimale, l'autre basé sur une heuristique. Le premier outil a trouvé la solution optimale en 1,275 secondes tandis que le second a trouvé la même solution en 0,680 secondes.

Nous allons à présent, donner un bref aperçu des outils de quelques-uns des auteurs précédemment cités.

Nous présenterons successivement les outils de Chen et Akoka [AKO], de Morgan et Levin [MOR] et Ceri, Martella et Pelagatti [CER].



### 9.10.3.1. Outil d'optimisation de systèmes d'information distribué. Chen et Akoka (AKO)

#### a. Présentation générale

Le modèle proposé par Chen et Akoka considère simultanément la distribution de la puissance de traitement, l'allocation des programmes et des fichiers et l'assignation des capacités des lignes de communication. Il considère également les flux de retour d'informations (cfr 9.1.1.) ainsi que les dépendances entre programmes et fichiers. L'outil développé sur base de ce modèle fournit une solution de coût minimal pour la distribution de la puissance de traitement, l'allocation des programmes et des fichiers et l'assignation des capacités des lignes de communication.

#### b. Hypothèses

- 1) L'approche proposée ne suppose pas l'existence d'une topologie de réseau fixée. Elle suppose uniquement l'existence de plusieurs noeuds dispersés géographiquement dont les données relatives aux demandes d'accès aux fichiers pour consultations et mises à jour sont connues.
- 2) Les capacités d'ordinateurs à chaque noeud ne sont pas illimitées. Le concepteur du SID devra fournir comme données d'entrée au modèle un ensemble d'ordinateurs de capacités différentes. Le modèle calculera la capacité optimale de l'ordinateur qu'il faudra installer sur chaque noeud. Il est possible que certains noeuds ne disposent pas d'ordinateur dans la solution optimale.
- 3) Toutes les liaisons de communication sont des liaisons point à point. Les lignes sont full-duplex.
- 4) Le modèle tient compte des flux de retour d'informations. Ceux-ci suivent le même chemin que les flux d'informations auxquels ils correspondent.

### c. Formulation du problème d'optimisation

Le problème consiste à trouver une solution pour le SID qui minimise le coût total de celui-ci sous un certain nombre de contraintes.

#### 1) Le coût total comprend :

- le coût des ordinateurs.

On suppose que ce coût est une fonction de la capacité de l'ordinateur qui est exprimée en terme de throughput (1),

- les coûts des bases de données.

Il s'agit des coûts des systèmes de gestion de bases de données ainsi que des coûts d'établissement,

- les coûts d'installation des lignes de communication.

Ces coûts d'installation sont fonction de la distance entre les noeuds et de la vitesse de la ligne. On y ajoute les coûts d'établissement.

- les coûts de stockage.

Ces coûts comprennent :

- . les coûts de stockage des fichiers par unité de temps.
- . les coûts de stockage des programmes.

- les coûts de communication.

Il s'agit des coûts de communication relatifs :

- . aux demandes émanant des utilisateurs à destination des programmes,
- . aux mises à jour émanant des utilisateurs à destination des programmes,
- . aux demandes émanant des programmes à destination des fichiers,
- . aux mises à jour issues des programmes à destination des fichiers.

---

(1) Le throughput est la quantité maximale d'information qui peut être manipulée par unité de temps dans un système de traitement.



## 2) Les contraintes.

Les contraintes imposées sont des contraintes propres à l'outil permettant d'obtenir des solutions cohérentes. Elles sont du type :

"Afin d'avoir une solution réalisable, il doit y avoir au moins une ligne entre un noeud et les autres noeuds du réseau".

### 9.10.3.2. Outil d'optimisation d'allocation de programmes et de fichiers dans un réseau d'ordinateurs Morgan et Levin [MOR]

#### a. Présentation générale

L'outil élaboré par ces 2 auteurs fournit une solution optimale pour l'allocation des programmes et des fichiers dans un SID en prenant en considération les dépendances entre fichiers et programmes, la politique de mise à jour en "temps réel" (cfr 9.10.1.1.4.) ainsi que le problème de la portabilité des programmes (cfr 9.10.1.2.).

#### b. Hypothèses

L'hypothèse fondamentale sur laquelle se base ce modèle est que la topologie du réseau est fixée. Les liaisons entre les noeuds ainsi que leurs capacités sont fixées.

#### c. Présentation du problème d'optimisation

Le problème revient à trouver la distribution des fichiers et des programmes qui minimise les coûts d'exploitation du système sous certaines contraintes.

- 1) Le coût à minimiser comprend uniquement les coûts de communication identiques à ceux définis dans le modèle précédent.

2) La solution devra respecter :

- des contraintes relatives à la portabilité des programmes (cfr 9.10.1.2.),
- des contraintes de sécurité empêchant le stockage de fichiers dans certains noeuds du réseau,
- des contraintes de temps d'accès aux fichiers.

9.10.3.3. Outil d'allocation optimale de fichiers dans un réseau d'ordinateurs  
Ceri, Martella et Pelagatti [CER]

a. Présentation générale

L'outil proposé fournit une solution optimale pour l'allocation des fichiers dans un SID.

b. Hypothèses

- L'optimisation des performances du système est supposée.
- Chaque noeud peut effectuer un certain nombre de fonctions données. Ces fonctions réclament des accès aux fichiers. Les informations considérées sont celles circulant entre ces noeuds et les noeuds où sont stockés les fichiers. Les emplacements de programmes ne sont pas considérés.
- On distingue 2 coûts d'accès fixes :
  - . l'un pour les accès aux fichiers sur le site (accès local)
  - . l'autre pour les accès aux sites éloignés.
- La capacité de stockage est limitée.
- Un coût de stockage est uniquement considéré lorsque la capacité de stockage du noeud est dépassée.



### c. Présentation du problème d'optimisation

On recherche l'allocation de fichiers qui minimise les coûts de communication du système sous certaines contraintes.

#### 1) Les coûts de communication comprennent :

- les coûts d'accès locaux,
- les coûts d'accès à distance,
- les coûts de mises à jour des fichiers locaux,
- les coûts de mises à jour des fichiers éloignés.

#### 2) Les contraintes imposées sont :

- l'acceptation de copies multiples de fichiers ou non,
- l'imposition de capacités de stockage par noeud à ne pas dépasser.

Nous en resterons là dans la présentation des travaux que l'on peut trouver dans la littérature. Notre objectif étant de donner quelques exemples d'outils réalisés. Il en existe bien sûr d'autres. Le lecteur intéressé pourra se référer à [MAH], [IRA], [CHO]. Chacun de ces auteurs apportent des outils présentant d'une part de nouvelles particularités mais établissant par ailleurs de nouvelles hypothèses.

#### 9.10.3.4. Critique des outils

Le modèle de Chen et Akoka est, a priori, d'un très grand intérêt puisqu'il propose de trouver une solution optimale pour les distributions des traitements, des données et de la communication. Cependant, il ne fait intervenir que les aspects techniques du problème. L'aspect efficacité du système par exemple n'est jamais pris en considération (ex. le temps de réponse) ni aucun des aspects relevés en 9.10.1.2.

Un tel modèle ne pourrait pas être utilisé sur un cas réel. On obtiendrait une solution minimisant le coût du système, cependant elle serait impraticable car il est possible qu'elle engendre des temps de réponse inacceptables.

Il faut remarquer également que les hypothèses relatives aux types de liaisons et de lignes sont extrêmement restrictives et loin de la réalité. Le modèle ne prend en considération en effet que des lignes point à point, full-duplex.

Par conséquent, un outil idéal permettant d'optimiser simultanément les 3 distributions risque d'être d'une très grande complexité. Dès lors, il serait peut être relativement plus aisé de développer des outils offrant des optima partiels et de les intégrer dans un processus tel que celui suggéré plus haut. On pourrait dès lors améliorer des outils tels que ceux proposés par Ceri ou par Morgan. Detalle et Pichot ont quant à eux apporté des améliorations à un outil présenté par Mahmoud dans [MAH]. Nous en exposons les principales caractéristiques dans la section suivante.



9.10.4. OUTIL D'OPTIMISATION D'EMPLACEMENT DE FICHIERS ET  
D'ALLOCATION DES CAPACITES DES LIGNES  
DETALLE ET PICHOT

L'outil que nous présentons a été réalisé par Detalle et Pichot [DET]. Il permet l'optimisation de la structure d'un SID pour aboutir au coût d'exploitation minimum en distribuant les fichiers et en assignant des capacités aux lignes du réseau de communication dont on connaît la disposition des noeuds et les interconnexions entre ceux-ci.

Une collaboration entre les réalisateurs de cet outil et nous-mêmes a permis de confronter ce moyen d'aide à la conception de la structure d'un SID à un milieu "industriel". L'outil a été appliqué au problème du cas pratique du Groupe Browning (cfr chapitre 8). Cette collaboration a enrichi l'outil tout en restant dans les limites fixées par Detalle et Pichot. Nous avons pu ainsi suggérer un certain nombre d'éléments dont les suivants ont été insérés dans l'outil :

- les différents types de lignes et leurs modes de facturation (lignes louées, lignes commutées, réseau);
- les lignes half ou full-duplex;
- prise en considération de contraintes d'emplacemement des fichiers;
- prise en considération de différents régimes;
- recherche du taux d'utilisation des lignes du SID.

Tous ces éléments seront décrits en même temps que le reste des données et des contraintes dont l'outil a besoin pour fournir ses résultats. Ceux-ci seront également énoncés. Nous donnerons une brève critique de cet outil résultant de son utilisation dans le cadre du projet Browning.

#### 9.10.4.1. Les données et les contraintes

##### 1. La topologie

Les éléments suivants de la topologie sont fixés

- la disposition des noeuds,
- les interconnexions entre les noeuds. Il s'agit de lignes full-duplex.

##### 2. La procédure de routage.

Une procédure de routage des messages est règle de décision qui détermine, en accord avec un algorithme dit de routage, le noeud (1) ou station (2) suivant que le message visitera sur son chemin au travers du réseau de communication. La spécification de l'algorithme de routage donne la procédure de routage.

L'outil prend en considération une politique de routage fixe. Celle-ci spécifie statiquement un chemin unique entre tout couple (noeud/station émetteur, noeud/station récepteur).

Si l'utilisateur connaît le routage, celui-ci peut être inséré comme donnée dans l'outil. Dans le cas contraire, l'outil calculera lui-même le routage en prenant le chemin le plus court entre chaque noeud ou station.

##### 3. Les stations du réseau.

Par station, il faut entendre une unité capable de stocker et/ou de traiter de l'information.

---

(1) et (2) Ces notions sont définies dans les paragraphes 3 et 4 de cette présente section.



Les renseignements à donner sont :

- le nom
- la capacité de stockage à cette station
- le prix au bit stocké
- la limite du flux entrant c'est-à-dire le nombre maximum de messages pouvant entrer dans une station par unité de temps
- la limite du flux sortant c'est-à-dire le nombre maximum de messages pouvant sortir d'une station par unité de temps
- la probabilité de disconnexion de la station du réseau.

#### 4. Les noeuds du réseau

Par noeud (1), il faut entendre une unité de traitement dont la tâche est d'aiguiller l'information dans la bonne direction. Il n'existe aucune possibilité de stockage. Cette notion s'apparente à la notion de commutateur que nous avons définie en 9.10.2.

Les renseignements à fournir sont :

- le nom
- la limite du flux entrant
- la limite du flux sortant
- la probabilité de disconnexion du noeud du réseau.

#### 5. Les fichiers

Pour chaque fichier, les renseignements suivants sont à fournir :

- le nom
- la longueur (en bit)
- la disponibilité souhaitée c'est-à-dire la probabilité que l'accès à au moins une copie de ce fichier réussisse à partir d'une station quelconque, en tenant compte de la fiabilité des lignes.

---

(1) Cette notion est différente de celle que nous avons définie en 9.10.1.1.

## 6. Les lignes du SID

Les renseignements pour chaque ligne sont :

- la station (ou noeud) origine
- la station (ou noeud) extrémité
- la longueur de la ligne
- un indicateur mentionnant si le prix de la liaison dépend de sa longueur dans le cas où le choix porterait sur une ligne louée.

Pour l'ensemble des lignes, l'utilisateur pourra décider de travailler en full ou halfduplex.

## 7. Les types de lignes possibles

Chaque ligne du SID peut être :

- soit une ligne louée
- soit une ligne commutée
- soit une ligne de réseau

### a) les lignes louées

L'utilisateur donnera un ensemble de lignes louées parmi lesquelles l'outil pourra choisir. Chaque ligne louée sera caractérisée par

- sa capacité (bit/s)
- son coût qui sera calculé à partir de deux constantes :

A : coût fixe

B : coût par unité de distance suivant la formule :  $A + B * l$

où  $l$  est la longueur de la ligne du SID concernée.



## b) les lignes commutées

Pour chaque ligne commutée, l'utilisateur donnera :

- sa capacité (bit/s)
- son coût (francs/unité de temps).

## c) les lignes de réseau

Chaque ligne de réseau se caractérise par

- sa capacité
- son coût qui sera calculé de la façon suivante :

soit  $A$  = coût fixe

$B$  = coût par unité de volume

$C$  = coût par unité de temps

alors le coût de la ligne sera :

$$A + B * V/v + C * T/t.$$

où  $V$ : volume à transférer sur la ligne.

$v$ : volume unitaire de taxation

$T$ : durée de transfert compte tenu de la capacité de la ligne

$t$ : unité de temps de taxation.

NB :  $V$  et  $T$  sont des valeurs calculées par l'outil.

## 8. Le Query traffic

Le "query traffic" est le taux d'utilisation d'un fichier  $f$  par une station  $s$  c'est-à-dire le nombre de messages par seconde résultant d'une demande d'une station  $s$  pour un fichier  $f$ . La longueur des messages répond à une distribution exponentielle de moyenne  $m$  fixée.

## 9. Le Return-query traffic

Le "return-query traffic" est le nombre de messages par seconde émis par un fichier  $f$  vers une station  $s$  en réponse à un "query" émis par la station  $s$  au fichier  $f$ .

#### 10. L'update traffic

L'"update traffic" est le taux de mise à jour d'un fichier f par une station s c'est-à-dire le nombre de messages de mise à jour par seconde émis par la station s vers le fichier f.

#### 11. Le Return-update traffic

Le "return-update traffic" est égal au nombre de messages émis par le fichier f à la station s en réponse à un update de la station s vers le fichier f.

#### 12. La fiabilité de la communication entre les stations $s_1$ et $s_2$

Il s'agit de la probabilité qu'une communication réussisse entre les stations  $s_1$  et  $s_2$ .

#### 13. Les contraintes d'emplacement des fichiers

Ceci correspond à une obligation ou à une interdiction pour un fichier d'avoir une copie dans une station donnée.

#### 14. Les régimes

Les régimes sont :

- a. le régime permanent : le SID travaille en temps réel. On doit donner le temps de réponse maximal à ne pas dépasser.
- b. le régime "Jour-nuit" : la journée peut être découpée en deux périodes ("jour et nuit"). Le temps réel sera assigné au "jour" et le batch à la "nuit".

#### 15. Les contraintes d'accès aux fichiers.

L'utilisateur peut exiger que la station s utilise indifféremment toutes les copies, ou contraindre celle-ci à utiliser la copie la plus proche.



## 16. Le temps de réponse

L'utilisateur donne un temps de réponse  $t_{\max}$  que le système choisi ne devra pas dépasser.

### 9.10.4.2. Résultats

L'outil désigne les stations sur lesquelles seront localisés les fichiers ainsi que leurs copies. Il fournit également le type et la capacité pour chaque ligne du SID.

La solution sera obtenue de manière à ce qu'elle donne un coût minimum d'exploitation (coût de stockage de fichiers + coût de transmission) sous les contraintes :

- d'un temps de réponse moyen devant être inférieur ou égal au temps de réponse maximal fourni ( $t_{\max}$ )
- de limitations pour chaque station et chaque noeud
- de disponibilité des fichiers
- de limitation de stockage aux stations.

L'outil fournit également des renseignements tels que :

- le temps moyen de réponse
- le flux entrant et sortant pour chaque station/noeud
- le routage si celui-ci a été calculé par l'outil
- la situation de la copie d'un fichier  $f$  la plus proche au cas où l'utilisateur a demandé que la station  $s$  accède à la copie la plus proche.

#### 9.10.4.3. Application de l'outil au cas Browning

Lors de la rédaction de ce mémoire, l'outil ne prenait pas encore en compte les éléments suivants:

- les lignes commutées
- les lignes de réseau
- les contraintes de flux entrant et sortant des noeuds et stations.

Par conséquent, l'outil n'était pas assez proche de la réalité pour que les résultats soient significatifs dans un contexte "industriel" tel que le Groupe Browning. Detalle et Pichot résolveront ce problème dans leur mémoire [DET]. Le lecteur pourra y trouver une application de leur outil au projet du Groupe Browning sur des données que nous leur avons fournies.

Afin d'illustrer cet outil, nous présenterons une exécution de cet outil, avec ces lacunes, sur des données du cas Browning.

Nous spécifierons successivement les données, les contraintes et les résultats obtenus.

##### A. Données

##### 1. La topologie du réseau

La topologie du réseau est représentée par la figure 9.8. Nous avons ajouté un élément central qui pourra jouer le rôle de noeud ou de station.

Toutes les lignes sont full-duplex.



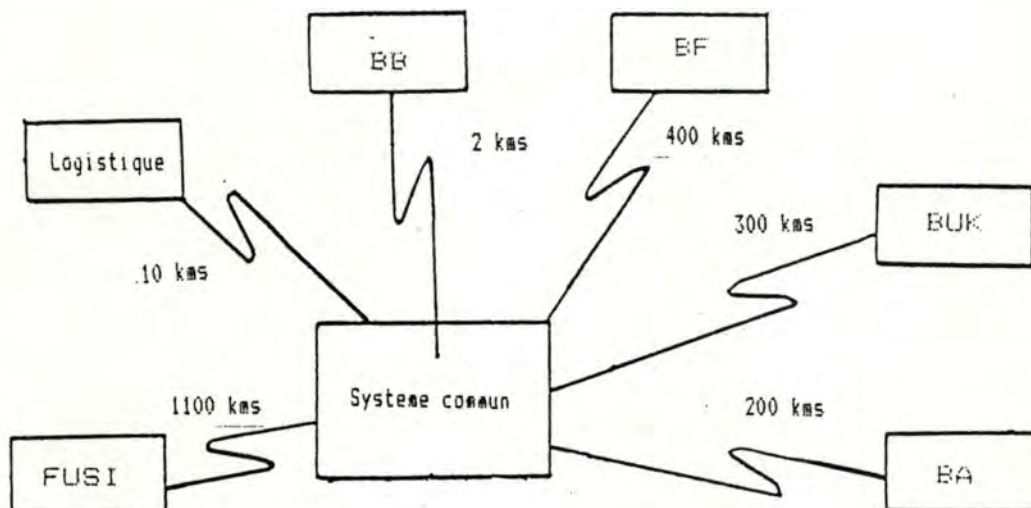


Figure 9.8. Topologie du réseau

## 2. La procédure de routage

Tout chemin entre deux stations se compose d'une ligne d'une station origine au noeud/station central et d'une ligne de celui/celle-ci à une station de destination.

## 3. Les fichiers

- F1 : fichier de stocks de la logistique  
longueur : 6.300.000 (Bytes)
- F2 : fichier des commandes de la logistique  
longueur : 6.800.000 (Bytes)
- F3 : fichier des factures de la logistique  
longueur : 630.000 (Bytes)
- F4 : fichier des stocks de Browning Belgique  
longueur : 725.000 (Bytes)

F5 : fichier des stocks de Browning France  
longueur : 885.000 (Bytes)

F6 : fichier des stocks de Browning Angleterre  
longueur : 710.000 (Bytes)

F7 : fichier des stocks de Browning Allemagne  
longueur : 157.000 (Bytes)

F8 : fichier des stocks de Fusi  
longueur : 1.275.000 (Bytes)

#### 4. Les types de lignes louées

Il existe trois types de lignes louées possibles.

- . ligne à 150 (bit/s)  
où les constantes de coût sont :  
coût fixe : 4.539 (FB/mois)  
coût au km : 450 (FB/mois)
- . ligne à 300 (bit/s)  
où les constantes de prix sont :  
coût fixe : 5.853 (FB/mois)  
coût au km : 450 (FB/mois)
- . ligne à 2400 (bit/s)  
où les constantes de prix sont :  
coût fixe : 7000 (FB/mois)  
cout au km : 450 (FB/mois)

Ces coûts ne pourront être appliqués qu'aux lignes reliant le noeud/station central à la logistique et à Browning Belgique.

Les autres lignes auront un coût forfaitaire indépendant de la distance. Ces coûts sont :  
(1)

---

(1) Ces prix sont une extrapolation car nous n'avons pu trouver des tarifs internationaux pour lignes louées.



Types lignes Lignes	150 (bit/s)	300 (bit/s)	2400 (bit/s)
Browning France	110.075	110.732	2.000.000
Browning Allemagne	111.825	112.492	2.000.000
Browning UK	96.885	97.542	2.000.000
Fusi	153.125	153.782	2.000.000

#### 5. Le coût de stockage

Le coût de stockage est de 0,004 (FB/Byte/mois) sur toutes les stations.

#### 6. Les matrices de queries, return-queries et update.

Les figures 9.9., 9.10 . et 9.11. représentent respectivement les "queries", les "return-queries" et les "updates". Ces volumes sont exprimés en bytes.

Fichier	Stocks						Commande	Facture
Station	DB	BB	BF	BA	BI	BUK	DB	DB
DB	0	30	30	30	30	30	0	0
BB	100	0	30	30	30	30	7800	8,4
BF	89	30	0	30	30	30	10200	8,4
BA	58	30	30	0	30	30	5000	8,4
BI	86	30	30	30	0	30	8800	8,4
BUK	85	30	30	30	30	0	9600	8,4

Figure 9.9. Queries

Fichier	Stocks						Commande	Facture
Station	DB	BB	BF	BA	BI	BUK	DB	DB
DB	0	12	12	12	12	12	0	0
BB	12	0	12	12	12	12	34,7	40,2
BF	12	12	0	12	12	12	29	3,9
BA	12	12	12	0	12	12	34,2	2,2
BI	12	12	12	12	0	12	28	7,2
BUK	12	12	12	12	12	0	40,3	1,1

Unité : Millier

Figure 9.10. Return-Queries



Fichier Station	Stocks						Commande	Facture
	DB	BB	BF	BA	BI	BUK	DB	DB
DB	1180	0	0	0	0	0	611	16
BB	0	155	0	0	0	0	0	0
BF	0	0	35	0	0	0	0	0
BA	0	0	0	37,6	0	0	0	0
BI	0	0	0	0	329	0	0	0
BUK	0	0	0	0	0	17	0	0

Unité : Millier

Figure 9.11. Updates

#### B. Contraintes

##### 1. Le temps de réponse

Le temps maximum est de 0,75 seconde.

##### 2. La disponibilité des fichiers : 99%

##### 3. Les contraintes d'emplacement des fichiers

- la logistique doit posséder une copie
  - . du fichier de ses stocks (F1)
  - . du fichier de ses commandes (F2)
  - . du fichier de ses factures (F3)
- les filiales doivent posséder une copie de leur fichier de stocks

##### 4. Le régime

Le régime est permanent.

## 5. Les contraintes d'accès aux fichiers

Toute station peut accéder à n'importe quelle copie de fichiers.

## 6. La fiabilité des lignes

La fiabilité des lignes est de 80%.

# C. Résultats

## 1. La localisation des fichiers

Aucune copie supplémentaire des fichiers n'est prévue. Les copies uniques ont été placées en respect des contraintes de situation de fichiers (cfr. données).

## 2. Les lignes louées adoptées

Les lignes adoptées sont :

- pour la logistique : 2400 (bit/s)
- pour Browning Belgique : 150 (bit/s)
- pour Browning France : 150 (bit/s)
- pour Browning Allemagne : 150 (bit/s)
- pour Browning UK : 150 (bit/s)
- pour Fusi : 150 (bit/s)

## 3. Le temps de réponse : 0,02236 (seconde).

## 4. Le coût : 558.777 (FB/mois).

Nous ne critiquerons pas ces résultats vu les raisons énoncées supra. Nous attirons cependant l'attention du lecteur sur la complexité d'acquisition de données telles que les queries, return-queries et update. L'identification de la fréquence et de la taille des demandes pour un fichier dépend des fonctions à assurer. Si celles-ci sont nouvelles, cette identification n'est pas aisée à réaliser.



#### 9.10.5. INTRODUCTION D'UN OUTIL DE RECHERCHE DE STRUCTURE DE SID DANS IDA. APPROCHE INTUITIVE

Nous avons présenté aux paragraphes précédents des outils permettant de trouver une structure pour un SID. Dans le cas de projets réalisés par un service informatique interne à l'entreprise, l'utilisation de ces outils vient dans le prolongement de l'analyse conceptuelle.

Nous avons également présenté au chapitre 7, un ensemble d'outils nommé IDA. Son objectif est d'aider le concepteur dans la conception de systèmes d'information. Cette conception s'étend depuis l'étude d'opportunité jusqu'à la réalisation du système (cfr. Figure 7.1.). Or, jusqu'à présent, IDA ne couvre que l'analyse d'opportunité et l'analyse conceptuelle. Il serait par conséquent intéressant d'ajouter un maillon supplémentaire à la chaîne des outils qui permettrait d'aboutir à l'objectif final de IDA qui est de produire automatiquement du code final. Ce maillon serait un outil de recherche de structure de SID.

Cet outil se baserait sur les informations enregistrées lors de l'analyse conceptuelle et sur de nouveaux éléments propres à la notion de SID.

Nous allons, dans la suite de ce paragraphe, préciser quelles informations existantes pourront être utilisées et quels seront les nouveaux éléments à introduire. Nous ferons usage de concepts particuliers à IDA. Leurs explications seront trouvées dans [BOD1]. Nous préférons cependant destiner la fin de ce paragraphe aux lecteurs ayant de IDA des connaissances un peu plus approfondies que celles qui leur ont été données au chapitre 7.



#### 9.10.5.1. Adaptation de IDA

Tout SID est constitué de trois ensembles d'éléments à savoir les fichiers, les programmes et les moyens de communication. Nous allons tenter de déterminer quelles informations nécessaires à la recherche de la structure de SID ont été enregistrées dans la base des spécifications lors de l'analyse conceptuelle. Nous tenterons également de déterminer celles que nous devrons y ajouter.

Ce qui suit n'est bien sûr qu'une première approche. Une étude beaucoup plus fouillée devra être réalisée afin d'effectuer l'intégration de l'outil dans IDA.

##### 9.10.5.1.1. Les fichiers

La notion de fichier n'est pas présente dans l'analyse conceptuelle. Seule y est présente la notion de type d'entité caractérisant des collections logiques de données. On pourrait par conséquent rapprocher les deux notions en considérant que tout type d'entité devient un fichier. Cependant, toutes les données ne sont pas incluses dans les types d'entité. Des données complémentaires sont en effet présentes dans les types d'association avec propriétés. Par conséquent ceux-ci pourront donner également naissance à des fichiers.

Comment estimer le volume d'un fichier ?

Le volume d'un fichier est égal au nombre d'enregistrements dans le fichier multiplié par la taille d'un enregistrement.

Un enregistrement est constitué des propriétés définies pour le type d'entité ou d'association considéré. Or, à chaque propriété est spécifié un format qui en précise le nombre de caractères. La taille d'un enregistrement sera donc la somme des formats des différentes propriétés du type d'entité ou d'association considéré.

Par contre, le nombre d'enregistrements, c'est-à-dire le nombre d'entités par type d'entité ou d'associations par type d'association est inconnu. Il sera donc nécessaire d'introduire un attribut supplémentaire dans la description des types d'entité et types d'association.



#### 9.10.5.1.2. Les programmes

La notion de programme, à l'instar de la notion de fichier n'est pas présente dans l'analyse conceptuelle.

Par programme, nous entendons un ensemble de traitements informatiques dont l'exécution se déroule sans interruption sur un seul noeud.

La notion de phase définie en 9.10.3. satisfait à cette définition. Une phase est en effet une unité temporelle d'exécution. Le fait d'imposer une exécution sur un seul noeud des traitements informatiques contenus dans la phase n'entraîne aucune modification de la notion même de phase. En effet, cette contrainte est sans importance au niveau conceptuel.

Les données relatives aux programmes (cfr 9.10.1.1.) seront obtenues de la façon suivante:

on décrira l'utilisation des ressources "ordinateur" et "mémoire secondaire" en spécifiant respectivement le temps CPU réclamé pour une exécution de la phase et la quantité d'espace de mémoire secondaire réclamée par le programme.

#### 9.10.5.1.3. Les moyens de communication

Aucun élément de communication n'a été pris en considération dans l'analyse conceptuelle. Dans ces éléments nous avons :

- les noeuds
- les lignes de communication
- les ordinateurs.

Ces trois éléments devront être enregistrés dans la base des spécifications. Pour ce faire, de nouveaux types d'objets du langage DSL devront être créés. Dans le schéma 9.8. nous les avons nommés respectivement NODE, LINE et COMPUTER.

Ces nouveaux types d'objets seront décrits par différents attributs

Exemple : un type d'objet LINE sera décrit par un attribut caractérisant :

- . son type
- . sa vitesse
- . son mode de paiement
- . son prix
- . .....

#### 9.10.5.1.4. Eléments supplémentaires

L'introduction de la notion de SID dans IDA entraîne la création de nouveaux types d'objets du langage DSL. Elle engendrera également de nouvelles relations parmi ces types d'objet et entre ces types d'objet et les types d'objet déjà existants. Le schéma 9.12 montre le modèle de base de la structure d'un SID. Nous avons adopté pour représenter le modèle, le modèle entité-association dont la description pourra être trouvée dans [BOD1] et [BOD2]. Nous avons cependant pris quelques libertés par rapport à ce modèle.

Nous avons représenté les types d'objets existants déjà cités précédemment à savoir ENTITY, RELATION et PROCESS. Nous y avons adjoint les types d'objets COMPUTER, NODE et LINE. Entre ces différents types d'objets, ont été créées les relations suivantes :

STOCKAGE-ENTITY,

représentant le fait que le fichier constitué par le type d'entité est stocké sur un noeud.

STOCKAGE-RELATION,

représentant le fait que le fichier constitué par le type de relation avec propriétés est stocké sur un noeud.



## USES-DERIVES-ADDS-REMOVES-REFERENCES-MODIFIES,

exprimant le fait qu'un PROCESS exécute une opération sur une structure de données. On précisera pour cette relation une propriété indiquant la fréquence des opérations du PROCESS sur la structure de données.

## STOCKAGE-PROCESS,

décrivant le fait qu'un programme désigné par un process est stocké sur un noeud.

## FREQUENCE-UTILISATION-PROCESS,

représentant le fait qu'un noeud réclame l'exécution du programme désigné par un process.

## DISTANCE,

Décrivant le fait que 2 noeuds sont éloignés d'une certaine distance.

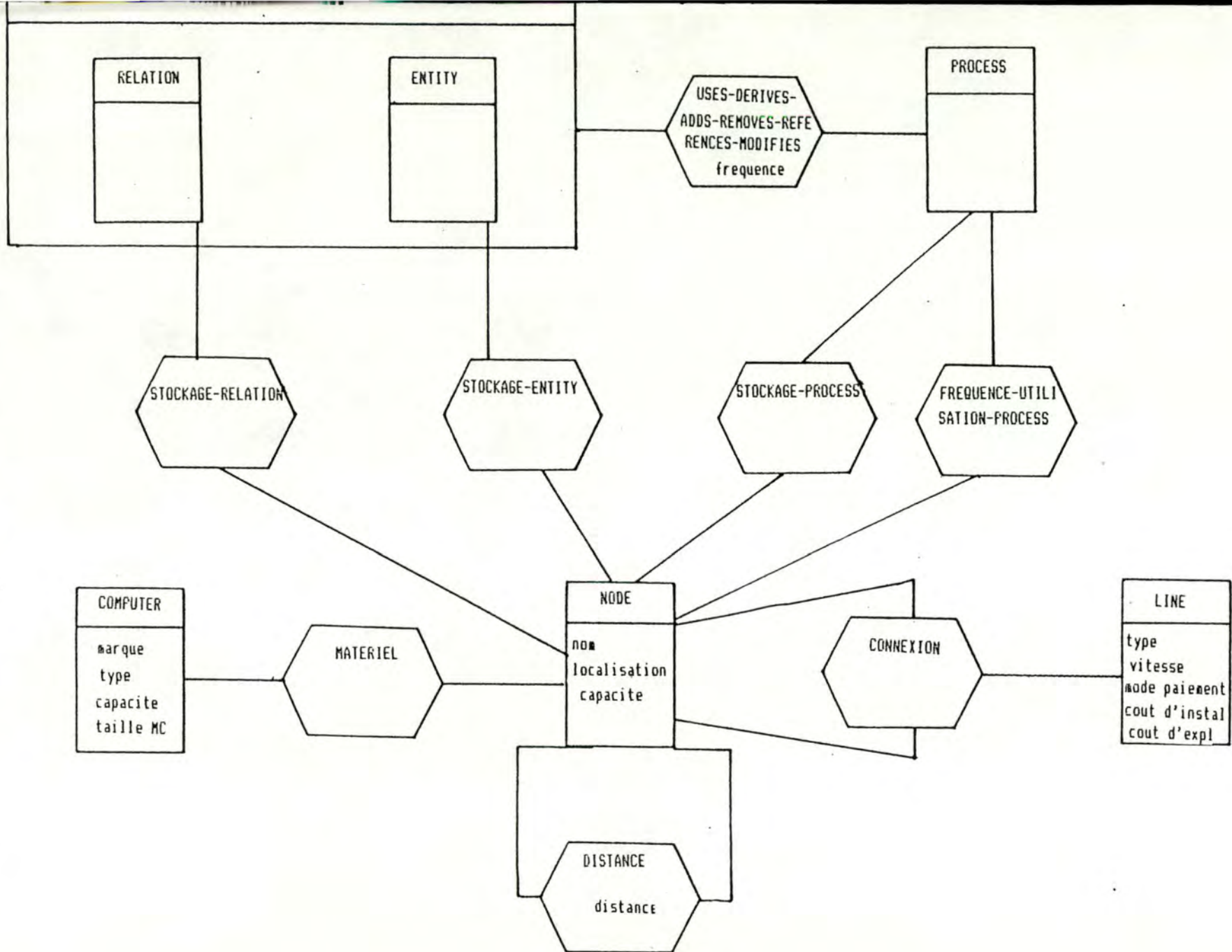
## CONNEXION,

Indiquant qu'entre deux noeuds donnés, il existe une ligne.

## MATERIEL,

représentant le fait qu'un noeud dispose d'un ordinateur.

Figure 9.12. Modèle de base de la structure d'un SID.





### 9.11. CRITIQUE DE LA DEMARCHE

Le chapitre 6 nous avait permis de faire ressortir un ensemble de questions auxquelles un concepteur de SID devait répondre. Les sections précédentes ont tenté d'apporter une aide à ce concepteur en lui proposant un certain nombre d'étapes à suivre. C'est ainsi que les étapes constituant l'étude d'opportunité (cfr 9.1. à 9.5.) essaient d'aider le concepteur à répondre aux deux premières questions qu'il se pose. La section 9.10. devrait quant à elle, lui permettre de trouver une réponse aux questions 3 et 4.

Avant de formuler des critiques à l'égard de cette démarche, nous préciserons ce qu'elle apporte de nouveau par rapport à la démarche suivie durant le projet Browning.

Les différences fondamentales entre la démarche théorique et la démarche réalisée dans le cadre du projet Browning sont les suivantes :

1. La dissociation entre le système d'information et le SID.
  - a. L'analyse fonctionnelle donne une spécification de la solution par rapport aux besoins des utilisateurs. Cette solution est exprimée indépendamment des moyens de réalisation par souci de séparation des types de problèmes dans un but de simplification de la conception du système.
  - b. La prise en considération simultanée de ces deux notions complexifie la détermination de la solution à choisir lors de l'étude d'opportunité. Le concepteur est en effet confronté à des problèmes d'évaluation de structure de SID qui se basent sur des données non encore disponibles. Celles-ci proviennent notamment de l'analyse conceptuelle.



## 2. Introduction de l'analyse conceptuelle dans un appel d'offres

Nous avons introduit l'analyse conceptuelle dans l'appel d'offres lors du cas pratique. Cette idée a été abandonnée pour les raisons vues en 9.6. Nous avons donc remplacé l'analyse conceptuelle par une analyse informationnelle. L'analyse conceptuelle étant réalisée par le fournisseur choisi et selon sa méthode.

## 3. Etude des volumes

L'étude des volumes dans la démarche théorique n'a pas fait l'objet d'une étape propre. Les volumes sont étudiées dès l'étude de l'existant. Ces volumes sont complétés tout au long de la démarche.

Suite à cette comparaison, nous énonçons deux critiques portant sur la démarche théorique :

- a. Une première expérience pratique nous a fait choisir cette démarche théorique. Toutefois, cette seule expérience n'est pas suffisante. C'est pourquoi, il serait nécessaire de mettre à l'épreuve cette démarche théorique afin d'en vérifier la validité et d'y apporter des améliorations.
- b. Nous avons proposé en 9.10 un ensemble intégré d'outils automatisés qui permettraient d'aider le concepteur dans sa tâche. Cet ensemble d'outils a deux inconvénients majeurs. Il coûte cher et son exécution réclame la puissance d'un mini-ordinateur.

Qui dès lors, pourrait s'offrir un tel outil et le rentabiliser ?

Nous pensons qu'il existe trois classes de clients potentiels :

- les grandes entreprises
- les sociétés d'informatique
- des sociétés de conseils en informatique.



. Les grandes entreprises

Il s'agit de grandes entreprises dynamiques en ce qui concerne leur informatique. Ce sont des entreprises où les idées de projets ne manquent pas et où le budget informatique est conséquent.

. Les sociétés d'informatique

Il s'agit de sociétés proposant des logiciels d'application. Ces sociétés pourront fournir à leurs clients les meilleures solutions possibles à leurs problèmes. Dès que l'outil intégré aura atteint son objectif final à savoir la production de code final, ces sociétés pourront fournir très rapidement les logiciels aux clients et pourront en retirer un bénéfice considérable.

. Des sociétés de conseils en informatique

Il s'agit de sociétés qui loueraient les services de l'outil à des petites et moyennes entreprises ou aux grandes entreprises moins dynamiques ne mettant sur pied que très peu de projets informatiques.

## CONCLUSION



Le but initial du mémoire fut l'élaboration d'une démarche méthodologique d'aide à la conception d'un SID. Cette démarche a été développée autant pour une organisation disposant d'un département informatique que pour une société désirant un système clef-sur-porte.

Avant l'élaboration de la démarche théorique, nous avons voulu décrire les systèmes d'informatique distribuée. Ceci a fait l'objet de la première partie du mémoire.

La seconde partie décrit deux démarches méthodologiques. La première a été suivie pour mener à bien le projet du groupe Browning. Nous avons ainsi pu déceler les problèmes auxquels devait faire face le concepteur d'un SID. Ceci nous a permis de proposer la seconde démarche méthodologique théorique palliant aux inconvénients de la première.

L'idée maîtresse de la démarche que nous avons proposée, repose sur la dissociation entre le système d'information et la structure du SID. Nous avons en effet considéré celle-ci comme un moyen de réalisation du premier.

Cette démarche doit être appliquée à d'autres cas afin de pouvoir affirmer que celle-ci peut être une ligne de conduite valable pour la conception de SID et afin d'y apporter des améliorations éventuelles.

De plus, cette démarche perd de son efficacité par le fait qu'il n'existe encore aucun outil d'optimisation de la structure de SID qui soit suffisamment performant. C'est pourquoi des améliorations dans ce sens devront être réalisées à court terme vu l'évolution des systèmes informatiques vers les SID.

A plus long terme il serait intéressant d'intégrer un tel outil dans un logiciel d'aide à la conception de systèmes informatiques (IDA).

D'un point de vue personnel, cette étude nous a permis de constater la difficulté de réaliser une analyse fonctionnelle pour un projet informatique de grande envergure, de se plonger rapidement dans des documents techniques et d'acquérir un vocabulaire spécifique à une firme. Cette étude nous a permis également de nous familiariser, sur le terrain à des problèmes d'actualité en matière d'informatique (réseau, outil d'optimisation de structure de SID) et à des méthodes d'aide à la conception de systèmes d'information. Elle nous a permis également de valider nos connaissances grâce à une première expérience professionnelle dans une entreprise de dimension internationale, la FABRIQUE NATIONALE DE HERSTAL.



BIBLIOGRAPHIE

[ADA] J.-P. Adans

Le processus de prospection informatique d'une petite et moyenne entreprise. Volume 1 : Présentation de la méthode

Projet de l'unité d'enseignement et de recherche architecture des systèmes. Institut d'informatique. FNDP. 1982

[AKO] J. AKOKA et P. CHEN

Optimal design of distributed information systems

IEEE transactions on computers, Vol. c-29, no. 12, December 1980

[BBL] Publication de la Banque Bruxelles-Lambert

L'informatique à la BBL

Décembre 1982

[BESH] H. BESHARATIAN

A methodology for the design of reliable communication networks in distributed processing systems

CACM p. 131-140

[BOC] G. Von BOCKMAN

Concepts for distributed systems design

Spring-Verlag Berlin Heidelberg New-York 1983



[BOD1] F. BODART et Y. PIGNEUR

Conception assistée des applications informatiques  
1. Analyse d'opportunité et analyse conceptuelle

Presses Universitaires de Namur - Edition Masson 1983  
Collection Méthode + Programmes

[BOD2] F. BODART

Eléments de conception et d'analyse des systèmes  
d'information des organisations

Notes de cours présenté à l'école d'été d'informatique - AFCET - THIES (République du Sénégal) 1981

[BOU] A.-M. BOUILLON et J. ROUYER

Conception assistée par ordinateur d'un appel d'offres type pour les petites et moyennes entreprises

Mémoire - Institut d'informatique FNDP. 1979-1980

[BRO] A. BROCKER

La réduction des coûts informatique : une nouvelle  
contrainte pour les responsables informaticiens

Informatique et gestion n° 136 - Octobre 1982

[CAR] CARNAFION (groupe d'auteurs)

Systèmes informatiques répartis

Bordas, Paris (France)  
Dunod - Phase spécialisée informatique, 1981

[CER] S. CERI, G. MARTELLA et G. PELAGATTI

Optimal file allocation in a computer network : a solution based on the Knapsack problem

North-Holland publishing company Computer networks 6  
(1982) 345-357

[CHO] W. CHOU et H. FRANK

Topological optimization of computer networks

Proceedings of the IEEE, vol. 60, no. 11, November  
1972

[DET] J.-C. DETALLE et M. PICHOT

Contribution à la conception de système d'informati-  
que répartie

Mémoire - Institut d'informatique FNDP. 1981-1982

[DOW] P.J. DOWN et F.E. TAYLOR

Why distributed computing

NCC Publication 1976

[DSL] Manuel de référence

Manuel de l'Institut d'informatique FNDP. 1982

[HEM] N. HEMMERLING et E. PERSOONS

Contribution à la conception de système d'informati-  
que distribuée

Mémoire - Institut d'informatique 1981 - 1982



[IRA] K.B. IRANI et N.G. KHABBASZ

Methodology for the design of communication networks  
and the distribution of data in distributed supercom-  
puter systems

IEEE transactions on computers, vol. c-31, no. 5 May  
1982

[LEL] G. LELANN

Chapter 1 : Motivations, objectives and characteriza-  
tion of distributed systems - Distributed systems  
architecture and information

Spring - Verlag Berlin Heidelberg New-York 1981

[LIE] J.-C. LIENARD

Philips telesoft, Brussels

Sopho-net, a versatile private network

Philips telecommunication, vol. 41, no. 3, p. 202-224

[LOR] Harold LORIN

IBM Systems Research Institute

Aspects of Distributed computers systems

Wiley - Interscience publication

[MAC] C. MACCHI et S.F. GUILBERT

Téléinformatique

Bordas, Paris - Dunod - Phase spécialisée informati-  
que, 1979

[MAH] S. MAHMOUD et J.S. RIORDON

Optimal allocation of resources in distributed infor-  
mation networks

ACM transactions on database systems, vol. 1, no. 1,  
1976

[MAR] J. MARTIN

Design and strategy for distributed data processing

James Martin book 1981

[MOR] H.L. MORGAN et K.D. LEVIN

Optimal program and data locations in computer networks

CACM May 1977 vol. 20, no. 5

[PIE] D. PIERSON

Outil d'aide au dimensionnement d'un processeur de réseau

Mémoire - Institut d'informatique FNDP. 1982-1983

[RTT] Data communication service

Introduction au réseau public de transmission de données avec commutation par paquets

Publication de la Régie des Télégraphes et des Téléphones de Belgique - Département transmission de données - 1984